



UNIVERSIDAD DE CANTABRIA
ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA
DE MINAS Y ENERGÍA



Trabajo Fin de Grado

**EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL CONSUMO ENERGÉTICO
DEL PROYECTO MINERO COBRE LAS CRUCES Y ANÁLISIS
DEL IMPACTO CAUSADO POR EL COVID-19**

**Economic evaluation of the energy consumption of the mining project
Cobre Las Cruces and analysis of the impact caused by COVID-19**

Para acceder al título de:

Grado en Ingeniería de los Recursos Energéticos

Autor: Martín Acereda García

Director: Noemí Barral Ramón

Convocatoria: Septiembre de 2020

Agradecimientos

Este trabajo supone el final de cuatro años muy importantes para mí, por eso quiero agradecer a todas aquellas personas que han estado conmigo durante este tiempo el apoyo que me han dado.

En primer lugar, agradecer, no solo a los profesores, sino también a todos trabajadores de la Escuela Politécnica de Ingeniería de Minas y Energía que emplearon su tiempo en enseñarme y ayudarme.

A Miguel Campos y demás compañeros de Aldro Energía, que me han ayudado con el estudio del coste energético aportando las ofertas de electricidad y gas.

A todos los que hicieron posible que mi tercer año, ese Erasmus en Gliwice, fuera inolvidable y del que me llevo unos amigos y recuerdos imborrables. Gracias panas.

A mis compañeros de clase, muchos ya amigos e incluso hermanos, que, aunque ahora nos separemos, sé que nos seguimos teniendo ahí siempre.

A mis amigos, esos que ya estaban y que siguen estando, por apoyarme en los momentos buenos y en los no tan buenos.

Por último, a mi familia, tanto a los que están, como a los que se quedaron en el camino, en especial a mis padres y a mi hermana. Papá, Mamá, Julia, muchas gracias por educarme, enseñarme, aguantarme y animarme siempre a tirar hacia delante.

A todos y cada uno de vosotros no me queda nada más que decir, solo GRACIAS.

Índice General

ÍNDICE GENERAL	3
ÍNDICE DE FIGURAS.....	5
ÍNDICE DE TABLAS.....	7
1. RESUMEN	9
2. ABSTRACT.....	11
3. INTRODUCCIÓN	13
3.1. MINERÍA	13
3.2. COBRE	14
3.3. HISTORIA DEL PROYECTO COBRE LAS CRUCES	14
4. OBJETIVOS.....	16
5. INFORMACIÓN DEL YACIMIENTO	17
5.1. GEOGRAFÍA	17
5.1.1. Localización y proximidad a ciudades.	17
5.1.2. Topografía.....	20
5.1.3. Condiciones climatológicas.	20
5.2. GEOLOGÍA	22
5.2.1. MINERALIZACIÓN. TIPO, LEY Y UNIFORMIDAD.....	22
5.2.2. ESTRUCTURA GEOLÓGICA	23
5.2.3. TIPOS DE ROCAS. PROPIEDADES GEOMECÁNICAS.	24
5.3. GEOMETRÍA.....	25
5.3.1. Tamaño, forma y disposición	25
5.3.2. Duración.....	26
5.3.3. Profundidad.....	26
5.4. INVESTIGACIÓN.....	27
5.4.1. Historia de la propiedad y entorno.....	27
5.4.2. Reservas y recursos. Tonelajes, leyes y clasificación.	27
5.5. HIDROGEOLOGÍA.....	27
6. INFORMACIÓN GENERAL DEL PROYECTO	28
6.1. MERCADOS.....	28
6.1.1. Forma comercial del producto.....	28
6.1.2. Localización del mercado y alternativas.....	28
6.1.3. Niveles de precios esperados y tendencias.....	28
6.2. ACCESO A LAS INSTALACIONES	29
6.3. ENERGÍA	30
6.3.1. Introducción.	30
6.3.2. Energía eléctrica y sus costes.	31
6.3.3. Costes del Gas Natural	41
6.3.4. Combustible.....	46
6.3.5. Costes de la energía consumida	47
6.4. TERRENOS	48
6.4.1. Necesidades de terrenos. Explotación, escombreras y presas de residuos, planta de tratamiento e instalaciones auxiliares.	48
6.5. AGUA	49
6.5.1. Potable e industrial. Fuentes, cantidad, calidad y disponibilidad.	49
6.5.2. Agua de mina. Método de drenaje, gestión y tratamientos necesarios.....	49
6.6. MANO DE OBRA.....	50
6.6.1. Disponibilidad y tipo. Cualificación en minería.....	50
6.6.2. Costes salariales y tendencia.....	50
6.6.3. Grado de organización.	50

EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL CONSUMO ENERGÉTICO DEL PROYECTO MINERO COBRE LAS CRUCES Y ANÁLISIS DEL IMPACTO CAUSADO POR EL COVID-19

6.6.4.	<i>Historia laboral del área y comarca.</i>	51
7.	MÉTODO DE TRATAMIENTO MINERALÚRGICO	52
7.1.	MINERALOGÍA	52
7.1.1.	<i>Propiedades del mineral: mineralógicas, físicas y químicas.</i>	52
7.1.2.	<i>Dureza del mineral y necesidades de molienda para su liberación.</i>	52
7.2.	MÉTODOS DE TRATAMIENTO ALTERNATIVOS. SELECCIÓN.	53
7.3.	CALIDAD DE LOS PRODUCTOS Y ESPECIFICACIONES.	54
7.3.1.	<i>Tamaño y número de unidades</i>	55
7.3.2.	<i>Rendimientos previstos</i>	55
7.4.	COMERCIALIZACIÓN DEL PRODUCTO	56
8.	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL Y DE RESTAURACIÓN DE LOS TERRENOS	57
8.1.	DESCRIPCIÓN DEL MEDIO FÍSICO	57
8.2.	IDENTIFICACIÓN DE LAS ALTERACIONES	57
8.3.	EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL Y MEDIDAS CORRECTORAS	57
8.3.1.	<i>Gestión de efluentes</i>	57
8.3.2.	<i>Gestión de residuos</i>	59
8.3.3.	<i>Emisiones sonoras</i>	62
8.3.4.	<i>Huella de carbono</i>	63
8.3.5.	<i>Biodiversidad</i>	66
8.4.	PLAN DE RECUPERACIÓN Y RESTAURACIÓN DE LOS TERRENOS	67
9.	ANÁLISIS DEL IMPACTO DEL COVID-19.	70
9.1.	INTRODUCCIÓN	70
9.2.	COVID-19 EN ESPAÑA	71
9.3.	SITUACIÓN DE LA EMPRESA Y MEDIDAS ADOPTADAS	72
9.4.	PREVISIÓN EN EL MERCADO DEL COBRE	73
9.5.	MERCADO DE LA ENERGÍA	74
10.	CONCLUSIONES	79
11.	BIBLIOGRAFÍA	81

Índice de Figuras

Figura 5.1. Situación geográfica de la mina a nivel global. Fuente: https://www.cobrelascruces.com/	17
Figura 5.2. Localización de la Faja Pirítica en la Península Ibérica. Fuente: https://www.cobrelascruces.com/	18
Figura 5.3. Espacio ocupado por el proyecto minero. Fuente: https://www.cobrelascruces.com/	19
Figura 5.4. Área comprendida por el proyecto Cobre Las Cruces. Fuente: https://www.cobrelascruces.com/	20
Figura 5.5. Temperaturas medias en Sevilla. Fuente: Elaboración propia.....	21
Figura 5.6. Pluviograma de Sevilla en milímetros. Fuente: Elaboración propia.	22
Figura 5.7. Columna estratigráfica simplificada de Las Cruces comparada con la Faja Pirítica Ibérica. Fuente: https://www.icog.es/TyT/index.php/2018/04/la-mina-de-las-cruces-una-ventana-a-la-biosfera-profunda/	24
Figura 5.8. Planta Piloto del Proyecto PMR. Fuente: https://www.cobrelascruces.com/	26
Figura 6.1. Cotización histórica del cobre en la Bolsa de Londres. Fuente: https://es.investing.com/	28
Figura 6.2. Acceso al complejo. Fuente: https://www.google.com/maps/	29
Figura 6.3. Organización de la compañía por departamentos. Fuente: Elaboración propia.....	50
Figura 7.1. Calcosina. Fuente: https://www.geoaprendo.com/2014/09/calcosina-chalcocite-mineral.html	52
Figura 7.2. Esquema del proceso hidrometalúrgico. Fuente: Elaboración propia.....	53
Figura 7.3. Producto final listo para comercializar. Fuente: https://www.cobrelascruces.com/	55
Figura 8.1. Pozos de extracción activos en la corta minera. Fuente: https://www.cobrelascruces.com/	58
Figura 8.2. Sistema de protección del acuífero. Fuente: https://www.cobrelascruces.com/	59
Figura 8.3. Emisión de dióxido de carbono en relación con la producción de cobre. Fuente: Elaboración propia.	63
Figura 8.4. Focos canalizados. Fuente: https://www.cobrelascruces.com/	64
Figura 8.5. Ubicación de los puntos de control en la planta hidrometalúrgica. Fuente: https://www.cobrelascruces.com/	65
Figura 8.6. Ubicación de los puntos de muestreo para el control de emisiones no canalizadas. Fuente: https://www.cobrelascruces.com/	66

EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL CONSUMO ENERGÉTICO DEL PROYECTO MINERO
COBRE LAS CRUCES Y ANÁLISIS DEL IMPACTO CAUSADO POR EL COVID-19

Figura 8.7. Medidas compensatorias del proyecto minero. Fuente: https://www.cobrelascruces.com/	67
Figura 8.8. Área restaurada. Fuente: https://www.cobrelascruces.com/	68
Figura 8.9. Evolución anual de la superficie restaurada. Fuente: Elaboración propia...	68
Figura 8.10. Áreas de restauración del proyecto minero. Fuente: https://www.cobrelascruces.com/	69
Figura 9.1. Evolución de la cotización del cobre septiembre 2019 - agosto 2020. Fuente: https://www.investing.com/	73
Figura 9.2. Evolución de la cotización del Brent. Fuente: Elaboración propia.....	76
Figura 9.3. Evolución de las cotizaciones de los precios AOC y TTF. Fuente: Elaboración propia.....	77
Figura 9.4. Evolución de la cotización del dólar estadounidense. Fuente: Elaboración propia.....	77

Índice de Tablas

Tabla 5.1. Columna litológica de las margas presentes en el yacimiento.....	25
Tabla 6.1. Consumo energético anual estimado.	30
Tabla 6.2. Precios Mercado MEFF a fecha 18/08/2020.	33
Tabla 6.3. Tarifas de acceso de transporte y distribución eléctrica.	34
Tabla 6.4. Periodos horarios de las tarifas de acceso.	35
Tabla 6.5. Precios de potencia y energía para las tarifas de acceso de baja tensión. ...	36
Tabla 6.6. Precios de potencia y energía para las tarifas de acceso de alta tensión.	36
Tabla 6.7. Potencias contratadas y consumos en sus respectivos periodos del suministro de la planta hidrometalúrgica.	37
Tabla 6.8. Precios en €/MWh de los conceptos de la energía para la tarifa de acceso 6.4.	37
Tabla 6.9. Costes anuales por conceptos y periodos de la tarifa 6.4.	37
Tabla 6.10. Costes anuales del suministro de la planta hidrometalúrgica.....	38
Tabla 6.11. Precios de los conceptos de la energía para la tarifa 2.0A.	39
Tabla 6.12. Potencia contratada y energía anual consumida en la Oficina 1.	39
Tabla 6.13. Costes anuales del suministro Oficina 1.	39
Tabla 6.14. Potencia contratada y energía anual consumida en la Oficina 2.	40
Tabla 6.15. Costes anuales del suministro Oficina 2.	40
Tabla 6.16. Potencia contratada y energía anual consumida en la Oficina 3.	40
Tabla 6.17. Costes anuales del suministro Oficina 3.	41
Tabla 6.18. Costes anuales electricidad sin IVA.	41
Tabla 6.19. Consumo anual de Gas Natural.	42
Tabla 6.20. Precios de las tarifas de acceso de Gas Natural.	43
Tabla 6.21. Precios y consumos de GN por meses.	44
Tabla 6.22. Precios AOC y consumos por meses.	45
Tabla 6.23. Conceptos de precio fijo sin ATR.	45
Tabla 6.24. Precios de Término Fijo y Término Variable.	45
Tabla 6.25. Costes anuales del Gas Natural.	46
Tabla 6.26. Precio fijo del gas por cada MWh consumido.	46
Tabla 6.27. Consumo anual de combustible.	47
Tabla 6.28. Precios medios del gasóleo A.	47
Tabla 6.29. Coste anual de combustible.....	47
Tabla 6.30. Costes anuales de la energía consumida.	48

EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL CONSUMO ENERGÉTICO DEL PROYECTO MINERO
COBRE LAS CRUCES Y ANÁLISIS DEL IMPACTO CAUSADO POR EL COVID-19

Tabla 8.1. Tratamiento de residuos.....	60
Tabla 8.2. Residuos peligrosos expresados en toneladas.	61
Tabla 8.3. Residuos no municipales no peligrosos expresados en toneladas.....	62
Tabla 8.4. Emisiones canalizadas anualmente.	65
Tabla 9.1. Cifras COVID-19 a fecha 29/08/2020.....	70

1. Resumen

El proyecto minero Cobre Las Cruces comenzó en el año 1990 cuando se iniciaron los estudios que comprobaran la viabilidad del proyecto, pero, no fue hasta principios de 2009 cuando se comenzó con la extracción del mineral, la Calcosina (Cu_2S), siendo a mediados de ese mismo año cuando se obtuvo el primer cátodo de cobre.

El proyecto se encuentra ubicado en la provincia de Sevilla, al noroeste de la ciudad, que cuenta con una mina a cielo abierto, una planta hidrometalúrgica y una serie de instalaciones auxiliares.

En este trabajo se evaluarán los costes que tiene el consumo energético cada año y el impacto que ha tenido la pandemia del COVID-19 en esta empresa, situada en un sector esencial. Antes de dar paso a esto, se dan a conocer las distintas partes que comprenden el proyecto Cobre Las Cruces para sea posible situarse en el entorno y así sea posible comprender mejor el resultado de este estudio.

Lo primero es situarse en el yacimiento, que se encuentra en los municipios sevillanos de Gerena, Salteras, Guillena y la Algaba. Este tiene unas dimensiones de 1600 x 900 metros y cuenta con una profundidad de 240 metros.

En cuanto a su geología hay que destacar que la Calcosina, Cu_2S , es el mineral del que se extrae el cobre, este se encuentra separado de la superficie por unos 150 metros de margas. Debido a la elevada ley del yacimiento, en torno al 5–6 %, es posible el empleo de una planta hidrometalúrgica, la cual presenta grandes ventajas con respecto al método tradicional, la pirometalurgia.

En el yacimiento existen 17,6 millones de toneladas de mineral, de ellas, al año se extraen 1,3 millones y 15 millones de roca estéril con un aprovechamiento del cobre del 92%.

La estimación inicial de la duración del proyecto era hasta el año 2025 aunque la previsión más actual dice que se acabará a finales de este año 2020. Esto es así en cierta manera ya que se acaba este año con la extracción de cobre, pero debido a sondeos realizados, la vida de la mina se ha extendido otros 10 o 15 años porque a partir del año que viene se van a extraer sulfuros primarios de cobre, zinc y plomo que se encuentran por debajo del cobre actualmente extraído. Así se pone en marcha el Proyecto PMR (Poly Metallurgical Refinery).

Como ya se ha indicado, el proyecto cuenta, además de las instalaciones auxiliares, con dos partes fundamentales, la corta minera y la planta hidrometalúrgica.

De la planta hidrometalúrgica, decir que es donde es transportado el mineral una vez extraído de la mina y pasa por varios procesos.

En primer lugar, el mineral es sometido a los procesos de trituración y molienda hasta que este posee un tamaño inferior al de 150 micras.

Después, se lleva a cabo la lixiviación, donde el mineral es disuelto a 90°C, a presión atmosférica y en un medio ácido. Se añaden oxígeno (O_2), sulfato férrico ($\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$) y ácido sulfúrico (H_2SO_4).

Tras la lixiviación, el cobre se recupera mediante extracción por solventes, separando las impurezas de la disolución y obteniendo cobre que es prácticamente puro.

EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL CONSUMO ENERGÉTICO DEL PROYECTO MINERO COBRE LAS CRUCES Y ANÁLISIS DEL IMPACTO CAUSADO POR EL COVID-19

Por último, en la electrodeposición se aplica una corriente continua (alto consumo eléctrico) que hace que el cobre se vaya depositando sobre los cátodos de acero inoxidable.

En cuanto a los consumos energéticos, hay que destacar la electricidad, el gas natural y el combustible.

En el proyecto existen cuatro puntos de suministro de electricidad, uno de la planta hidrometalúrgica (consumo muy alto, se destaca el proceso de electrodeposición) y tres que denominados “Oficinas”, con consumos más bajos pero que también se analizan. En total, el consumo anual de electricidad asciende a 226.911.119 kWh y, habiendo realizado los cálculos y estimaciones pertinentes, tiene un coste anual de 17.471.960,54€.

Con el Gas Natural no se han podido obtener datos tan precisos como en el caso de la electricidad por lo que, haciendo una media de los consumos anuales de 2016, 2017 y 2018, tal y como se indica en sus respectivos informes de sostenibilidad, el consumo anual es de 80.771.467,03 kWh. Haciendo los cálculos pertinentes y aplicando el ATR que corresponde a dicho consumo, 2,4, se obtiene como resultado el coste anual, que es 1.570.503,23€.

Para terminar con los costes energéticos, queda incluir el combustible empleado en el proyecto, en la maquinaria que se emplea en la corta minera durante el proceso de extracción del mineral. Al igual que con el gas, se ha calculado el promedio de los últimos tres informes de sostenibilidad, quedando así la cantidad de combustible como 10.730.766,67 litros, lo que supone un coste de 11.735.166,79 €.

Con estos datos se obtiene como resultado que el coste anual por la energía consumida en el proyecto Cobre Las Cruces es de 30.777.630,56€.

Al ser proyecto de una enorme magnitud, Cobre Las Cruces tiene un gran impacto ambiental en la zona, por lo que se examinan e identifican todas aquellas alteraciones que se pudieran causar y su debida gestión. Esto es la gestión de efluentes, la gestión de residuos, las emisiones sonoras, la huella de carbono y la biodiversidad.

Por último, cabe destacar que en este año 2020, marcado por la pandemia del coronavirus, los mercados han entrado en una gran recesión. Esta bajada se debe a la pandemia causada por el Covid-19, el cual ha creado una crisis sanitaria y económica.

Para frenar la crisis sanitaria los gobiernos de los distintos países se han visto obligados a imponer medidas que restringen la fluidez de la economía, tales como confinamiento o la parada de empresas que no se encuentren en un sector esencial.

Cobre Las Cruces es una empresa que se encuentra en el sector esencial por la fabricación de un material básico para la sociedad como es el cobre, ese es el motivo por el cual no se ha visto obligada a paralizar su producción, pero sí que ha sido muy importante en la cotización del cobre esta pandemia ya que ha supuesto una gran caída en los precios de venta. Como se mostrará más detalladamente, la cotización de este metal se ha recuperado e incluso ha superado los niveles de principios de año.

2. Abstract

The Cobre Las Cruces mining project started in 1990 when the studies to verify the viability of the project began, but it was not until the beginning of 2009 that the extraction of the mineral, Calcosina (Cu_2S), began, being in the middle of that same year when the first copper cathode was obtained.

The project is located in the province of Seville, northwest of the city, which has an open pit mine, a hydrometallurgical plant and some of auxiliary facilities.

This work will evaluate the anual costs of energy consumption and the impact that the COVID-19 pandemic has had on this company, located in an essential sector. Before continuing, it is important to describe the different parts of Cobre Las Cruces, this will make easier the understanding of the final conclusions.

The first thing is to locate in the deposit, which is located in the Sevillian municipalities of Gerena, Salteras, Guillena and La Aljara. This has dimensions of 1600 x 900 meters and has a depth of 240 meters.

Regarding its geology, it should be noted that Chalcocite, Cu_2S , is the mineral from which copper is extracted, this is separated from the surface by about 150 meters of marl. Due to the high grade of the reservoir, around 5–6%, it is possible to use a hydrometallurgical plant, which has great advantages over the traditional method, pyrometallurgy.

In the deposit there are 17,6 million tons of mineral, of which 1,3 million and 15 million of waste rock are extracted per year with a copper utilization of 92%.

The initial estimate of the duration of the project was until the year 2025 although the most current forecast says that it will end at the end of this year 2020. This is right in a certain way, the extraction of copper ends this year, but due to the drilling carried out, the life of the mine has been extended by another 10 or 15 years because from next year primary sulphides of copper, zinc and lead will be extracted, which are below the copper that is currently mined. This is how the PMR Project (Polymetallurgical Refinery) was launched.

As already indicated, the project has, in addition to the auxiliary facilities, two fundamental parts, the mining trunk and the hydrometallurgical plant.

Of the hydrometallurgical plant, to say that it is where the mineral is transported once it is extracted from the mine and goes through various processes.

First, the ore undergoes crushing and crushing processes until it is less than 150 microns in size.

Then leaching is carried out, where the mineral dissolves at 90°C , at atmospheric pressure and in an acid medium. Oxygen (O_2), ferric sulfate ($\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$) and sulfuric acid (H_2SO_4) are added.

After leaching, copper is recovered by solvent extraction, separating impurities from the solution and obtaining practically pure copper.

Finally, in electrodeposition process, a continue current is applied (high electrical consumption) that causes the copper to deposit on the stainless steel cathodes.

EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL CONSUMO ENERGÉTICO DEL PROYECTO MINERO COBRE LAS CRUCES Y ANÁLISIS DEL IMPACTO CAUSADO POR EL COVID-19

Regarding energy consumption, we must highlight electricity, natural gas and fuel.

In the project there are four electricity supply points, one of the hydrometallurgical plant (very high consumption, the electrodeposition process stands out) and three that are called "Oficinas", with lower consumption but which are also analyzed. In total, the annual electricity consumption amounts to 226,911,119 kWh and, having made the relevant calculations and estimates, it has an annual cost of 17.471.960,54€.

With Natural Gas, it has not been possible to obtain data as precise as in the case of electricity, so, making an average of the annual consumption of 2016, 2017 and 2018, as indicated in their respective sustainability reports, the annual consumption is 80,771,467.03 kWh. Making the pertinent calculations and applying the ATR that corresponds to this consumption, 2.4, the annual cost is obtained as a result, which is 1.570.503,23€.

To put an end to energy costs, it remains to include the fuel used in the project, in the machinery used in mining during the mineral extraction process. As with gas, the average of the last three sustainability reports has been calculated, leaving the amount of fuel as 10.730.766,67 liters, which represents a cost of 11.735.166,79€.

With these data, the result of the annual cost for the energy consumed in the Cobre Las Cruces project is 30.777.630,56€.

As it is a project of enormous magnitude, Cobre Las Cruces has a great environmental impact in the area, so all alterations that could be caused and their proper management are examined and identified. This is effluent management, waste management, noise emissions, carbon footprint and biodiversity.

Finally, it should be noted that in this year 2020, marked by the coronavirus pandemic, markets have entered a great recession. This drop is due to the pandemic caused by Covid-19, which has created a health and economic crisis.

To stop the health crisis, the governments of the different countries have been forced to impose measures that restrict the fluidity of the economy, such as confinement or the stop of companies that are not in an essential sector.

Cobre Las Cruces is a company that is in the essential sector for the manufacture of a basic material for society such as copper, that is the reason why it has not been forced to stop its production, but this pandemic has been very important in the copper price as it has led to a large drop in sales prices. As will be shown in more detail, the price of this metal has recovered and has even exceeded the levels of the beginning of the year.

3. Introducción

El proyecto Cobre Las Cruces, situado en Sevilla, está compuesto por la explotación minera, una planta hidrometalúrgica y las distintas instalaciones auxiliares. El trabajo se centra, no solo en el proyecto minero, sino también en las actividades principales que se llevan a cabo para el correcto funcionamiento de todo el proceso [1].

Este complejo minero-hidrometalúrgico es propiedad al 100% de la empresa multinacional canadiense First Quantum Minerals, referente del sector a nivel mundial. Esta empresa es uno de los mayores productores mundiales de cobre y níquel, así como también de otros metales. Se llevan a cabo operaciones a lo largo de cuatro continentes y cuenta con casi 20.000 empleados [2].

Cobre Las Cruces es uno de los yacimientos de cobre más ricos del mundo, se opera una mina a cielo abierto mediante una corta en unas instalaciones en las que, además de la explotación minera, también se dispone de una planta hidrometalúrgica. Esto supone la principal innovación tecnológica en el proyecto resultando pionera en Europa.

En la planta hidrometalúrgica se llevan a cabo una serie de procesos para la obtención del producto final, los cátodos de cobre. Los procesos que se realizan son trituración, molienda, lixiviación, extracción por solventes y electrodeposición.

La empresa, con motivo de las actividades indicadas, posee un elevado consumo energético tanto de electricidad y gas como de combustible.

Por otro lado, la pandemia del COVID-19 ha tenido un increíble impacto para todos, personas y empresas, por lo que se explicará el impacto que ha tenido sobre este proyecto, que forma parte de las empresas esenciales.

Así pues, en el trabajo se desarrollan brevemente todas las partes del proyecto que ayudan a entender el apartado de los costes energéticos y el del impacto del COVID en el proyecto.

3.1. Minería

Hablar de minería es hablar de una de las actividades económicas más antiguas realizadas por el hombre, está englobada en el sector primario y su fin es la obtención de recursos que se emplean en los distintos sectores industriales los cuales realizan productos demandados por la sociedad.

Esta se puede dividir, según el mineral extraído, en:

- Minería metálica: se obtienen minerales como oro, plata, aluminio o cobre. Se emplean en el sector industrial con el propósito de obtener productos demandados por la sociedad.
- Minería no metálica: se obtienen minerales como granito, arcilla, cuarzo, etc. Estos son empleados como materia prima para la construcción.

Por otro lado, según su método de explotación, la minería se clasifica en:

- Minería a cielo abierto: es un método superficial en el que, en primer lugar, se elimina la vegetación y, posteriormente, se eliminan las capas superiores del

EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL CONSUMO ENERGÉTICO DEL PROYECTO MINERO COBRE LAS CRUCES Y ANÁLISIS DEL IMPACTO CAUSADO POR EL COVID-19

suelo hasta llegar al mineral. Cobre Las Cruces es una explotación que pertenece a este tipo de minas.

- Minería de subsuelo o subterránea: en este método es necesaria la construcción de túneles para la obtención del mineral ya que los yacimientos se encuentran a mayor profundidad.
- Perforación de pozos: los recursos que se obtienen con este método son el gas y el petróleo.

El proyecto minero de Cobre Las Cruces pertenece a la minería metálica debido a la extracción de cobre para la posterior realización del producto final, los cátodos de cobre, que se sacan al mercado tras pasar por varios procesos de tratamiento en la planta hidrometalúrgica. Por otro lado, el método de explotación con el que se lleva a cabo es mediante la minería a cielo abierto ya que el mineral no se encuentra a gran profundidad (lo que daría lugar a una minería subterránea) y esto facilita su extracción con este método [3].

3.2. Cobre

En Cobre Las Cruces, el elemento a obtener en la explotación minera es, como su propio nombre indica, el cobre. Este material se lleva utilizando miles de años, ya fuese tanto para simples herramientas y monedas como para las necesidades más modernas.

Es un metal dúctil, maleable, fuerte, resistente a la corrosión y el mejor conductor de electricidad después de la plata. Desde los microprocesadores más pequeños del mercado hasta los tubos, casquillos, cojinetes y el cableado de las centrales eléctricas son de cobre, esto es debido a que es el mejor en aplicaciones que requieren eficiencia energética, una conductividad segura, resistencia a la corrosión, formas complejas o cableado muy fino.

Su gran capacidad térmica y conductiva lo hacen esencial en la producción, distribución y transmisión segura y eficiente de la energía eléctrica y el calor. Los vehículos eléctricos contienen boninas y baterías de este material y en las energías renovables su uso se implementa notablemente frente a los sistemas de combustibles fósiles. También destaca su empleo en telecomunicaciones y la construcción.

Su tasa de reciclaje es mayor que la de cualquier otro metal, en torno al 80% del cobre extraído aún sigue en uso actualmente. Por esto, ha sido, es y seguirá siendo un material imprescindible y de continua demanda para la sociedad.

3.3. Historia del proyecto Cobre Las Cruces

El descubrimiento del depósito mineral Las Cruces se remonta a 1990, año en el que Riomin Exploraciones S.A. (Rio Tinto Group) comenzó a realizar el estudio de la zona. En 1992 se concedieron los permisos de investigación mineros llamados Faralaes I, II y III y seguido se produjo la investigación del área mediante métodos gravimétricos de detección remota. En estos estudios realizados se detectó una gran anomalía subterránea, lo que llevó a realizar estudios de mayor precisión para comprobar de que se trataba. En mayo de 1994 se lleva a cabo el primer sondeo en el que se verifica la

existencia del depósito mineral Las Cruces, situado a unos 150 metros de profundidad bajo margas y arcillas.

En los años posteriores se perforaron más de 400 sondeos con extracción de muestra, lo que equivale a 100 km de perforaciones. Esto permitió conocer que en el depósito se encontraban 17,6 millones de toneladas de mineral, sulfuros polimetálicos y, en menor medida, recursos adicionales como oro, plata, zinc y plomo.

Una vez se aprobó la viabilidad técnica y económica de la explotación minera comenzaron los estudios de impacto ambiental, los modelos de explotación, la adquisición de terrenos, la construcción de infraestructuras y, en definitiva, todos los trámites necesarios para la puesta en marcha del proyecto.

Debido a sus características, la explotación del mineral se diseñó para realizarse mediante una corta a cielo abierto en la que, su fase final, la Fase-7, ocupara una superficie de 120 hectáreas, con unas medidas de 1600x900 metros y 260 metros de profundidad. Esta superficie forma parte de las 947 hectáreas que abarca el proyecto en su totalidad, donde se almacenan los 114 millones de m³ de estériles calculados y se han construido la planta de hidrometalurgia y las instalaciones industriales para el tratamiento del mineral.

La ubicación y distribución de estas instalaciones se debe a la posterior restauración ambiental de las mismas, llenando y sellando la corta minera y desmantelando las instalaciones e infraestructuras entre las que se encuentra la planta hidrometalúrgica.

La extracción del mineral comenzó a principios de 2009 y para mediados de ese mismo año, más concretamente en junio, se produjo el primer cátodo de cobre [4].

4. Objetivos

En este trabajo se describen las actividades y partes más importantes de todo el proyecto Cobre Las Cruces, desde la descripción del yacimiento y todo lo que rodea al proyecto hasta los costes que genera la energía. Todo esto, sin duda alguna, es de gran importancia para situarnos en el ambiente del proyecto, pero, los objetivos y partes más importantes que se quieren destacar son:

- Estimar los costes de la energía anual consumida por el proyecto.
- Evaluar el impacto del COVID-19 en el proyecto.

En conclusión, con estos objetivos se pretenden estimar los costes que genera el consumo energético y evaluar la incidencia que ha tenido la crisis del coronavirus explicando las variaciones en los mercados de las cotizaciones que se toman como referencia.

5. Información del yacimiento

5.1. Geografía

5.1.1. Localización y proximidad a ciudades.

La explotación minera Cobre Las Cruces está situada al sur de España, más concretamente en la provincia de Sevilla (Andalucía) y pertenece a los municipios de Gerena, Salteras, Guillena y la Algaba [1].



Figura 5.1. Situación geográfica de la mina a nivel global. Fuente: <https://www.cobrelascruces.com/>

Este yacimiento está situado en el extremo oriental de la Faja Pirítica Ibérica, la cual se extiende desde el sur de Portugal hasta Sevilla, pasando por las provincias de Badajoz y Huelva.

EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL CONSUMO ENERGÉTICO DEL PROYECTO MINERO
COBRE LAS CRUCES Y ANÁLISIS DEL IMPACTO CAUSADO POR EL COVID-19



Figura 5.2. Localización de la Faja Pirítica en la Península Ibérica. Fuente: <https://www.cobrelascruces.com/>

Dentro de la provincia, este proyecto se encuentra a unos 20 km al noroeste de la ciudad de Sevilla y el espacio que ocupa es de alrededor de 1.000 hectáreas, comprendiendo la corta minera, la planta de tratamiento hidrometalúrgico y las instalaciones auxiliares.



Figura 5.3. Espacio ocupado por el proyecto minero. Fuente: <https://www.cobrelascruces.com/>

Las Cruces se encuentra situado en la zona de campiña sevillana, suelos arcillosos que se forman a partir de margas del Terciario con lomas bajas de entre 20 y 50 metros sobre el nivel del mar. Por el proyecto pasan los arroyos de Garnacha y Molinos, no permanentes y de caudal muy variable que concluyen en la Rivera de Huelva, a unos 4 km del área de Las Cruces. Al Norte se encuentra Sierra Morena, al Sur la cornisa del Aljarafe y al Este la llanura aluvial del valle del Guadalquivir.

EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL CONSUMO ENERGÉTICO DEL PROYECTO MINERO COBRE LAS CRUCES Y ANÁLISIS DEL IMPACTO CAUSADO POR EL COVID-19

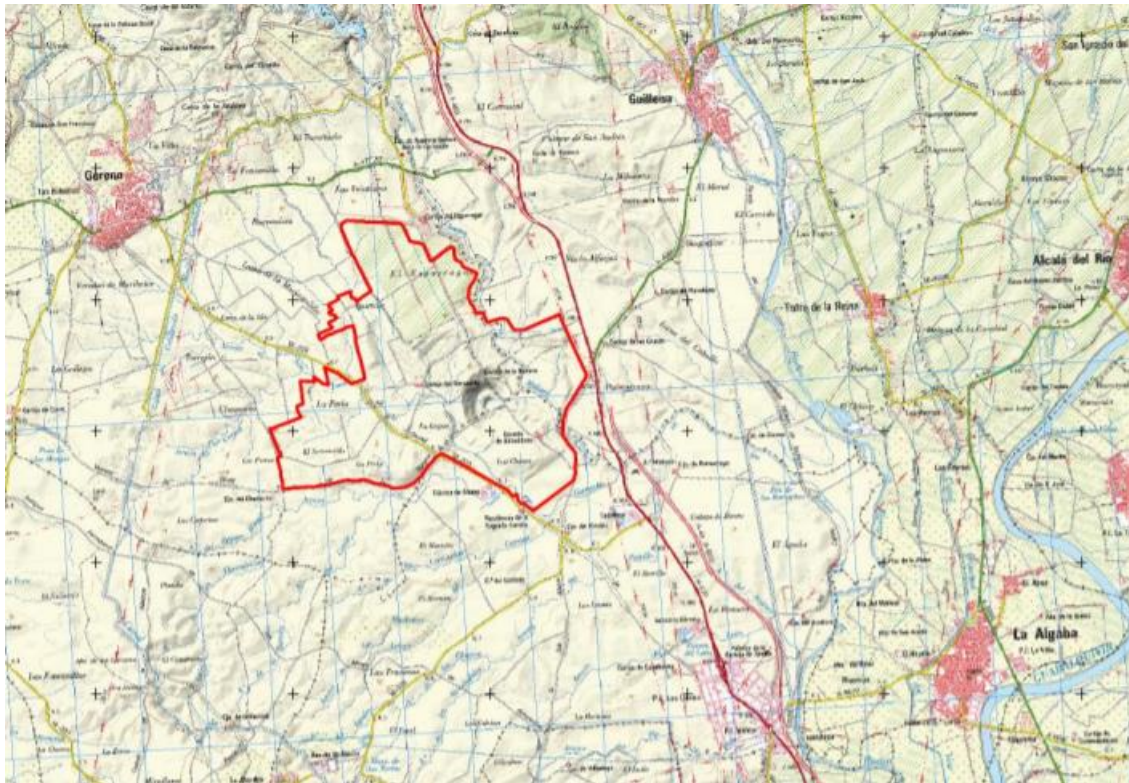


Figura 5.4. Área comprendida por el proyecto Cobre Las Cruces. Fuente: <https://www.cobrelascruces.com/>

5.1.2.Topografía.

Las instalaciones del proyecto se encuentran a una longitud de 37, 30º y a una latitud de 6,06º y están situadas a una elevación aproximada de 27 metros con respecto al nivel del mar.

En la zona existen pequeñas variaciones de altitud, en la provincia de Sevilla la altitud media es de unos 200 metros sobre el nivel del mar, siendo el pico El Terril el más elevado con 1128 metros.

En los alrededores de Las Cruces las tierras de cultivos son las que predominan, las siguen las superficies artificiales y de árboles.

5.1.3.Condiciones climatológicas.

El clima Mediterráneo de carácter xérico da lugar a unos inviernos húmedos y fríos y unos veranos cálidos y secos.

Hay que tener en cuenta que la previsión de la meteorología es un factor determinante para la actividad minera y la gestión del agua para poder planificar la actividad en la corta, los niveles de las aguas embalsadas y la generación de caudales pluviales.

Para su control, a parte de los datos que se puedan proporcionar desde la Junta de Andalucía, también se dispone de tres estaciones meteorológicas propias a lo largo del área del proyecto. Además, se cuenta con una serie de pluviómetros manuales situados en el complejo minero.

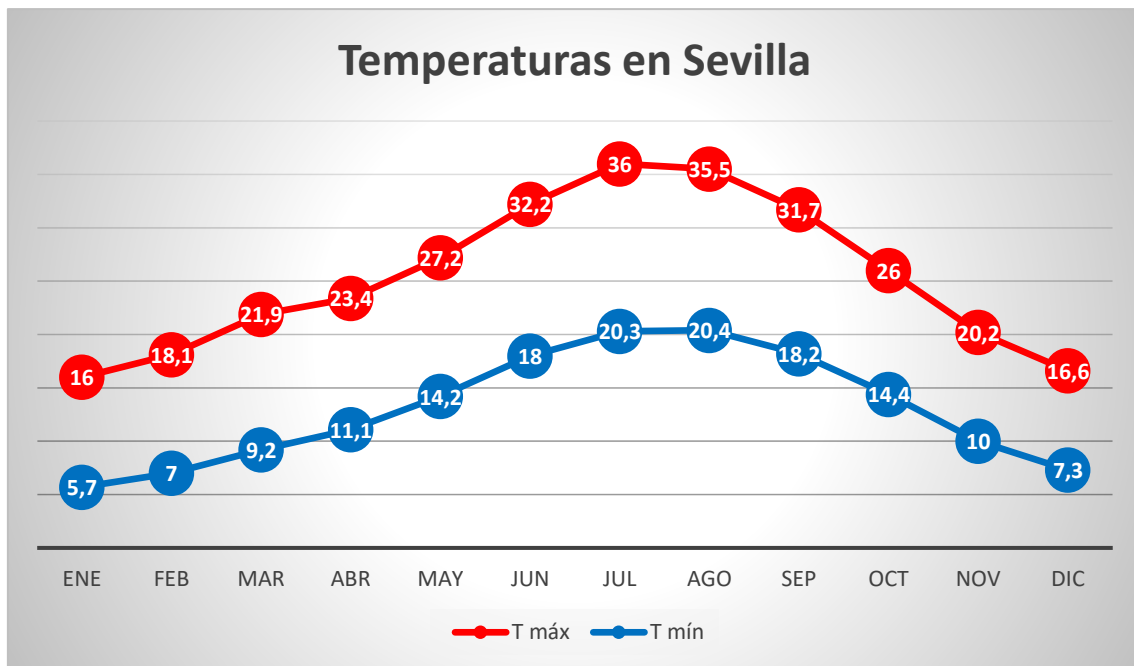


Figura 5.5. Temperaturas medias en Sevilla. Fuente: Elaboración propia.

Como se refleja en la figura, las temperaturas en Sevilla a lo largo del año son bastante altas en verano y templadas o incluso frías en invierno.

Por otra parte, las precipitaciones no son muy abundantes, el mes más húmedo es diciembre con casi 100 mm y el más seco, con apenas 2 mm, es julio. Con esto se estima que la pluviometría media puede variar entre los 500 y 700 mm anuales, habiendo una gran variación a lo largo del año [5].

EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL CONSUMO ENERGÉTICO DEL PROYECTO MINERO COBRE LAS CRUCES Y ANÁLISIS DEL IMPACTO CAUSADO POR EL COVID-19

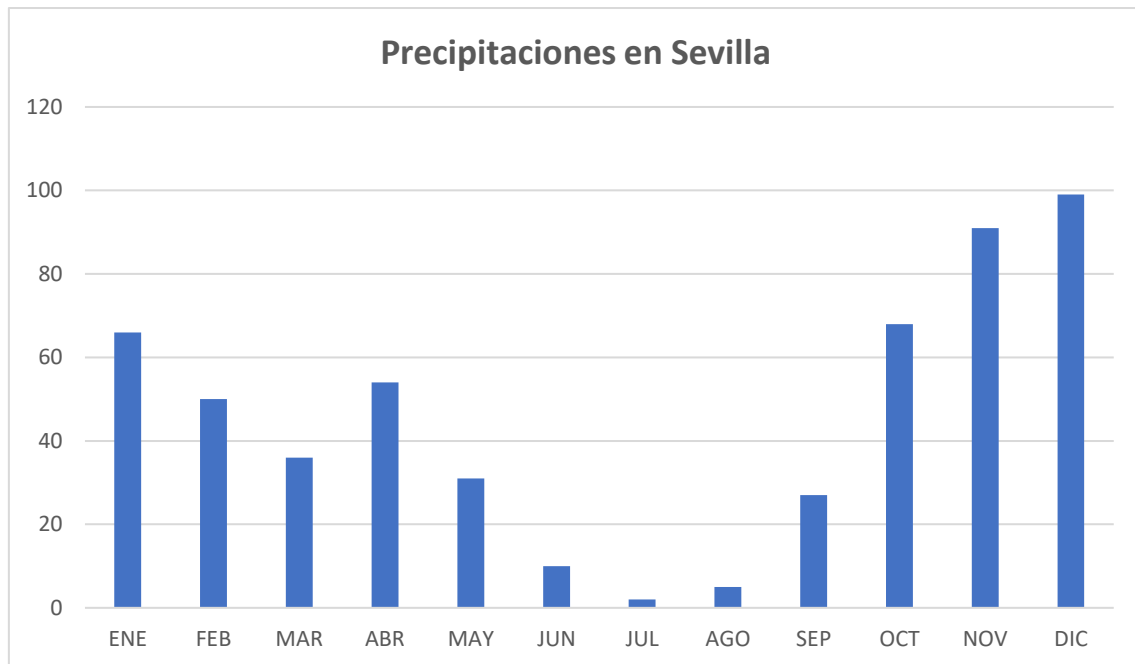


Figura 5.6. Pluviograma de Sevilla en milímetros. Fuente: Elaboración propia.

Estos dos factores son los más influyentes en los procesos que se pueden llevar a cabo en una explotación minera, ya que las temperaturas extremas pueden provocar accidentes laborales o dificultades en actividades como la extracción del material y en zonas donde se dan lluvias muy abundantes puede provocar inundaciones.

Por otro lado, factores como el viento, cabe destacar que mayoritariamente son vientos suaves de origen oceánico (SW), la humedad relativa, cuyo valor medio se estima en torno al 60%, y las horas de luz, también son determinantes [6].

5.2. Geología

5.2.1. Mineralización. Tipo, ley y uniformidad

En la corta minera se extraen varios minerales de los cuales se obtiene el cobre requerido. El principal mineral es la Calcosina, mineral formado por sulfuro de cobre (Cu_2S) en el que sus cristales puros presentan un contenido en cobre de en torno al 80%.

El método empleado para la extracción del mineral es la cantera o mina a cielo abierto, que facilita la seguridad laboral y el control geotécnico, pilares fundamentales para la viabilidad del proyecto.

En el sector de la minería de cobre, normalmente el porcentaje de cobre por tonelada de mineral no supera el 1%, en cambio, esta mina se caracteriza porque su ley se sitúa en torno al 5-6% lo que significa que la riqueza en cobre de este yacimiento es muy superior a la de cualquier otro.

Además de este cobre, hay otros recursos de menor ley que podrían ser extraídos en un futuro, es el caso de los sulfuros primarios.

Una vez extraído el mineral, este se transporta a la planta hidrometalúrgica para la obtención del producto final deseado, el cátodo de cobre metálico de alta pureza (99,999%), mediante una serie de procesos en la planta.

El proceso de hidrometalurgia (el proceso empleado tradicionalmente es la pirometalurgia) se hace posible gracias a la elevada ley del material extraído, lo que hace que sea un proceso más viable y eficiente puesto que se necesita una menor extracción en corta a la habitual para conseguir una determinada cantidad del producto. Además, por este proceso se eliminan tanto el transporte a fundiciones externas como las emisiones de CO₂ a la atmósfera.

5.2.2. Estructura geológica

El área del proyecto está en una ubicación en la que tiene, por un lado, las unidades estructurales de la Depresión del Guadalquivir, constituida por sedimentos marinos del Terciario Superior y, por otro lado, el borde Suroeste del Macizo Ibérico (Paleozoico Superior de la Faja Pirítica Ibérica).

Cabe destacar algunas de las características geológicas más importantes del yacimiento:

- Posee una mineralización encajada en una secuencia de tobas volcánicas y pizarras negras.
- Mineralización concentrada en capas de pirita masivas y semimasivas, acompañadas de cantidades y proporciones variables de sulfuros de metales básicos con trazas de oro y plata.
- La mineralización masiva y semimasiva tiende a yacer sobre un stockwork de pirita, muy variable en intensidad y profundidad, que contiene sulfuros de metales básicos en baja concentración.
- Deformación y fracturación de la zona mineralizada, estando sus componentes alterados, formando otros nuevos y distintos a los originales, es el caso de la clorita y la sericita.
- Existen zonas muy marcadas en las que predominan metales básicos como el cobre, el zinc y el plomo.
- El yacimiento está situado bajo una gran capa de sedimentos del Terciario, compuesto mayormente por margas azules. Estas margas no permiten pendientes demasiado inclinadas, es por esto por lo que, en la superficie, no se encuentran relieves pronunciados.

Tras la realización de diversos sondeos, se han detectado en el actual yacimiento zonas de sulfuros primarios de cobre, zinc y plomo, que pueden significar que se alargue la duración de la vida útil de la vida en un periodo de entre 10 y 15 años.

El depósito mineral está situado a unos 150 metros bajo margas que rellenan la cuenca del Guadalquivir, forma una secuencia monoclinal de dirección E-O y tiene un buzamiento de entre 50 y 20°N.

En el contacto basamento-cobertura se interponen areniscas de hasta 10 metros de espesor que son el encajante del acuífero de Niebla Posadas, en el que su agua es alcalina, carbonato-sulfatada y rica en magnesio y calcio. En el otro acuífero presente en

EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL CONSUMO ENERGÉTICO DEL PROYECTO MINERO
 COBRE LAS CRUCES Y ANÁLISIS DEL IMPACTO CAUSADO POR EL COVID-19
 el proyecto, las fallas alpinas de dirección ENE-OSO, circulan aguas alcalinas, cloruradas-
 sódicas y con temperaturas superiores a los 100°C de equilibrio químico [7].

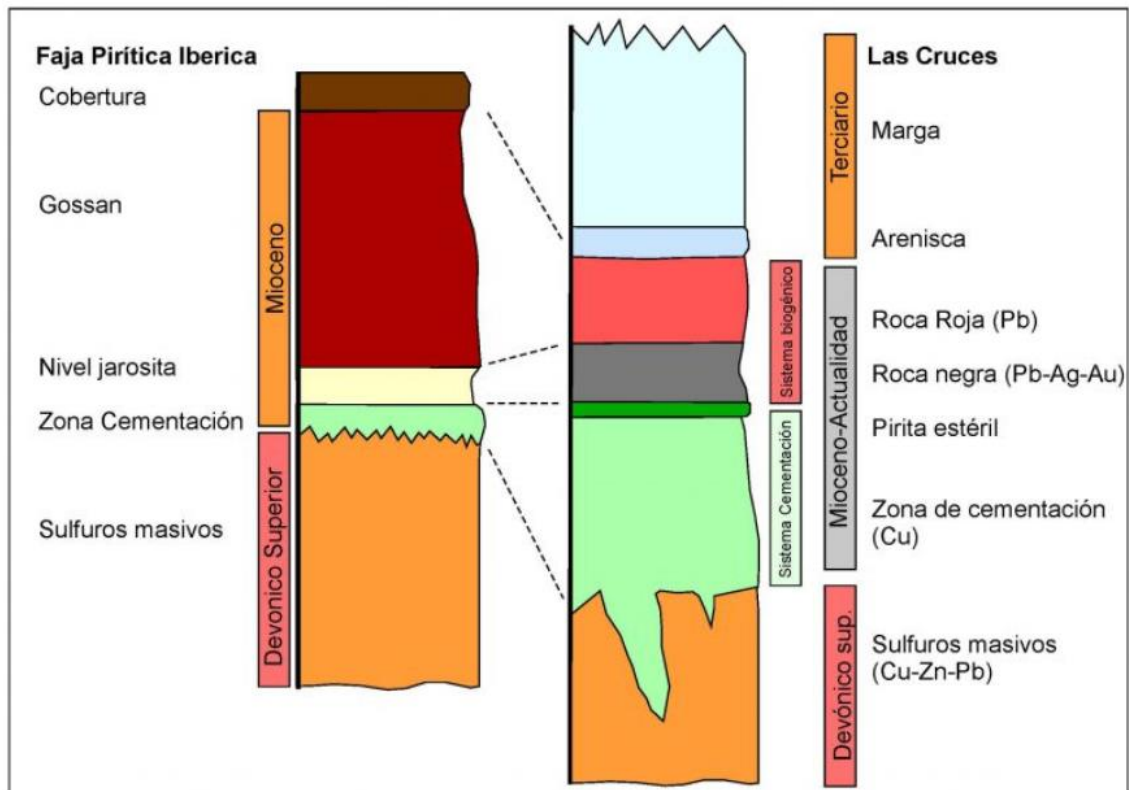


Figura 5.7. Columna estratigráfica simplificada de Las Cruces comparada con la Faja Pirítica Ibérica. Fuente: <https://www.icog.es/TyT/index.php/2018/04/la-mina-de-las-cruces-una-ventana-a-la-biosfera-profunda/>

5.2.3. Tipos de rocas. Propiedades geomecánicas.

Las rocas existentes en Las Cruces son la prolongación de las existentes a unos 10 km al Oeste pertenecientes a la Faja Pirítica. Los diferentes minerales incluyen pizarras oscuras intercaladas con domos volcánicos riodacíticos. La mineralización primaria se parece a la de otros sulfuros de la zona, consiste en cuerpos estratiformes de pirita de grano fino que contienen esfalerita, calcopirita y galena principalmente.

Estudio de las margas existentes en el yacimiento:

División principal entre los diversos niveles geotécnicos, por una parte, los llamados MET (Margas Meteorizadas), situadas en los niveles superficiales y, por otra, las margas azules subdivididas en capas, donde se extinguen los signos de meteorización existentes hasta ese nivel.

Tabla 5.1. Columna litológica de las margas presentes en el yacimiento.

Profundidad (m)	Nombre	Descripción
0-10	MET 1	Arcilla margosa anaranjada, muy meteorizado.
10-23	MET 2	Marga arcillosa azul, meteorización moderada, de alta rigidez y con presencia de microbioclastos y microfósiles. Fracturas verticales de desecación de espaciado métrico.
23-31	MET 3	Margas arcillosas de color azul de meteorización débil, muy rígida, con presencia de microbioclastos y microfósiles y con grietas de desecación de hasta diez metros de espaciado.
31-80	NIVEL 1	Marga arcillosa algo limosa, laminada, sin microbioclastos, azul, muy rígida y plástica. Sin grietas de por desecación, pero con diaclasas subverticales y planos de estratificación de cinco metros de espaciado.
80-110	NIVEL 2	Marga arcillo-limosa, masiva, azul, con gran presencia de microbioclastos, microfósiles y nódulos de pirita. Roca blanda de grado 0 a grado 0-1 con una rotura frágil hojosa.
110-115	NIVEL 3	Alternancia de margas arcillosas duras y margas limoarcillosas firmes y rígidas. Propiedades geotécnicas de gran dispersión, pero en resistencia y deformaciones es muy similar al nivel 2.
115-130	NIVEL 4	Marga arcillosa algo limosa, alta presencia de microbioclastos y microfósiles, roca blanda de grado I-0 y aumento significativo en cuanto a resistencia y rigidez.
130-140	Marga Arenosa	Marga arcillosa algo arenosa, masiva y con presencia de microbioclastos que se sitúa justo encima de la formación arenosa del acuífero Niebla-Posadas.

5.3. Geometría

5.3.1. Tamaño, forma y disposición

El yacimiento cuenta con unas dimensiones de 1600 metros de longitud por 900 de ancho. La actividad de la corta minera se ha llevado a cabo en seis fases consecutivas en las cuales se ha avanzado en dirección Este, tal y como se había planificado en un principio. Siguiendo este mecanismo es posible asegurar la continuidad de la alimentación de mineral a la planta de producción por un periodo que varía entre los 2 y los 3 años por cada fase.

EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL CONSUMO ENERGÉTICO DEL PROYECTO MINERO COBRE LAS CRUCES Y ANÁLISIS DEL IMPACTO CAUSADO POR EL COVID-19

5.3.2. Duración

En un principio, se estimó que la duración de esta explotación llegaría hasta el año 2025. Actualmente se esperaba terminar con la explotación a finales de este año 2020 pero, tras la realización de diversos sondeos, se ha detectado en el actual yacimiento la existencia de zonas de sulfuros primarios de cobre, zinc y plomo que pueden significar que se alargue la vida útil de la mina en un periodo de entre 10 y 15 años, llegando así hasta 2035.

Así, se ha puesto en marcha el Proyecto PMR (Poly Metallurgical Refinery) en el que además del cobre, se llevaría a cabo la producción de varios metales, tales como zinc, plomo y plata.

El proyecto se realiza en una sola refinería integrada. La refinería integral polimetalúrgica puede llegar a procesar materias primas externas además del propio material de la mina, esta ha sido diseñada gracias a que previamente se han realizado exhaustivos análisis e investigaciones por medio de una Planta Piloto [1].



Figura 5.8. Planta Piloto del Proyecto PMR. Fuente: <https://www.cobrelascruces.com/>

5.3.3. Profundidad

Actualmente, la profundidad máxima de la excavación en la corta minera es de unos 240 metros, puesto que sus elevaciones máxima y mínima se sitúan en los 35 y -205 msnm.

Este dato pertenece a la mina a cielo abierto ya que en los próximos años la profundidad en el proyecto aumentará al realizarse el proyecto PMR (Poly Metallurgical Refinery). En este se llevará a cabo la extracción de sulfuros de cobre, zinc, plomo y plata mediante

minería subterránea, lo que dará lugar a la excavación de túneles ya que estos materiales se encuentran a una mayor distancia de la superficie.

5.4. Investigación

5.4.1. Historia de la propiedad y entorno.

Hasta el comienzo del proyecto los terrenos, de productividad media-alta, se usaban principalmente para el cultivo de herbáceos de secano como el trigo y el girasol, una pequeña proporción se dedicaba al olivar y al garbanzo y las zonas restantes se empleaban para el pasto de ganado vacuno.

La agricultura ejercida en estos terrenos ha tenido como consecuencia la pérdida de suelo en el 74% de la zona de estudio, esto se debe a la escasez de cobertura vegetal en las zonas de cultivo la mayor parte del año ya que los fuertes vientos y los periodos de lluvia producen la erosión de los suelos.

Previo construcción del proyecto, la superficie que ocupa se trataba de terreno agrícola despoblado con solo dos cortijos habitados, Seroncillo y Almuédano.

5.4.2. Reservas y recursos. Tonelajes, leyes y clasificación.

En el yacimiento se encuentran como reservas extraíbles probadas 17,6 millones de toneladas de mineral con una ley de 6.2%. Cabe destacar que el aprovechamiento del cobre es del 92%.

Cada año se extraen 15 millones de roca estéril y 1,3 millones de toneladas de mineral con un ratio de desmonte de 12,7/1. Este ratio, anormalmente elevado, hace que los costes de remoción sean bastante altos, estos son compensados debido a la alta ley del mineral.

5.5. Hidrogeología

El sistema hidrogeológico está compuesto por dos niveles. Por una parte, el nivel acuífero terciario, formado por materiales carbonatados de la base de la cobertura terciaria y, por otro lado, el nivel suprayacente, constituido por el nivel de limos negros con glauconita de la base de la formación de margas azules.

Estos forman un acuífero confinado por margas azules, de permeabilidad media-baja y de flujo bidimensional.

6. Información general del proyecto

6.1. Mercados

6.1.1. Forma comercial del producto.

El producto final que se obtiene y que es llevado directamente al mercado para su comercialización son los cátodos de cobre. Tras los diversos procesos que se realizan en la planta hidrometalúrgica se obtiene este producto de muy alta pureza, tanto es así que es considerado por el Mercado de Metales de Londres de la categoría de grado "A" (99,9935% Cu).

6.1.2. Localización del mercado y alternativas.

La mayor parte de los cátodos de cobre se comercializan en España, aunque hay que tener en cuenta que no solo se sacan al mercado nacional, Italia y Emiratos Árabes Unidos son los países donde más destacan las ventas del producto al margen de las fronteras españolas.

6.1.3. Niveles de precios esperados y tendencias.

Para saber los precios a los que se vende el producto final, los cátodos de cobre, hay que recurrir a la cotización de los futuros del cobre en la Bolsa de Londres.

En esta figura se representa la evolución de la cotización de los futuros del cobre desde el año 2009.

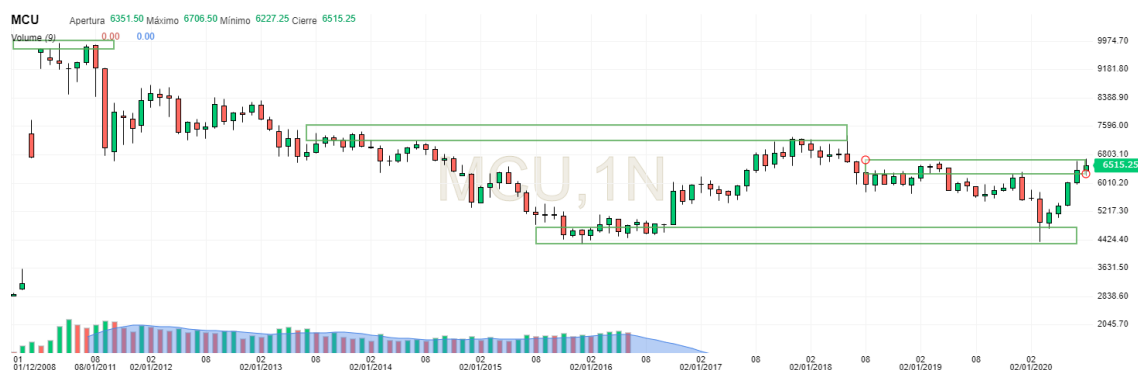


Figura 6.1. Cotización histórica del cobre en la Bolsa de Londres. Fuente: <https://es.investing.com/>

La cotización de la figura, actualmente en los 6.515 puntos (24/08/2020), tiene un tamaño de contrato de 25 toneladas y, teniendo en cuenta que cada punto equivale a un dólar estadounidense (\$), el valor actual del cobre por tonelada es de 6.515,25\$.

Cabe destacar que el precio actual del euro se sitúa en torno a los 1,18\$/€. Sabiendo esto, el valor de la tonelada de cobre son 5.521,40€, que hacen que el kilo de cobre cotice a 5,52€.

Desde el año 2009 se puede apreciar que la tendencia del mercado ha sido bajista. En 2016 se encuentra con un soporte en torno a los 4500 puntos que hace que cambie de

tendencia y que alcance, dos años más tarde, el soporte situado en los 7.250 puntos. A partir de ahí, el mercado se ha mantenido con pequeñas oscilaciones sin llegar a bajar de los 5.500 puntos (5.500€/tonelada). En cuanto al año 2020, la variación de la cotización debido a la presencia del Covid-19 se explicará en detalle en el capítulo correspondiente.

6.2. Acceso a las instalaciones



Figura 6.2. Acceso al complejo. Fuente: <https://www.google.com/maps/>

El acceso a las instalaciones se lleva a cabo por la Carretera SE-3410 Km. 4,100, la cual conecta con la SE-526 y la N-630 (forma parte de la Ruta de la Plata) al Suroeste y con el municipio de Gerena al Noroeste de las instalaciones.

EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL CONSUMO ENERGÉTICO DEL PROYECTO MINERO COBRE LAS CRUCES Y ANÁLISIS DEL IMPACTO CAUSADO POR EL COVID-19

6.3. Energía

6.3.1. Introducción.

Con el objetivo de aprovechar y optimizar la energía se realizan controles exhaustivos del consumo energético en las instalaciones.

Hay dos líneas eléctricas que se encuentran en el complejo, una de 132 KV que está situada al Este y otra de 220 KV que une Guillena y Santiponce.

En la corta minera se llevan a cabo actividades que requieren la movilización de un significativo número de vehículos y maquinaria pesada, lo que conlleva a hacer un gran uso de combustibles fósiles como el diésel.

Por otro lado, en la planta hidrometalúrgica el protagonista es la electricidad, siendo el proceso de electrodeposición el que más demanda.

Desde el punto de vista ambiental y operacional, el gas natural presenta grandes ventajas frente a otros combustibles utilizados en la industria ya que posee un alto rendimiento en la combustión y reduce la emisión de partículas, óxidos de azufre y de nitrógeno.

Es por esto por lo que el gas natural se consume en las calderas de la planta, que producen vapor de agua y agua caliente, y en la caldera de tratamiento de aguas, con la que se alimenta el vapor requerido para la evaporación forzada. Esto permite la reducción de caudales de rechazo generados en el tratamiento de aguas por ósmosis inversa.

Los datos que se muestran a continuación son una estimación de la energía consumida anualmente en las diferentes fases del proyecto.

Tabla 6.1. Consumo energético anual estimado.

Energía	Cantidad	Unidades
Electricidad	226.911,12	MWh/año
Gas Natural	5.129,33	T/año
Combustible	10.730.767	L/año

En los siguientes apartados se van a deducir los costes anuales de los diferentes tipos de energía empleados en el proyecto Cobre Las Cruces, para lo cual tanto en gas como en electricidad se ha optado por una tarifa de Precio Fijo y no de Precio Indexado. Estos precios se miden en €/MWh.

Es conveniente aclarar que, en las tarifas de Precio Fijo, como su propio nombre indica, hay un precio que se firma al contratar dicha tarifa y este no varía durante la duración del contrato. El Precio Fijo es adecuado para aquella etapa en la que el mercado tiene una directriz alcista, en este caso se ha escogido este precio porque se intuye que los precios de la energía ya han sufrido una severa caída y que estos se van a ir recuperando paulatinamente.

Por otro lado, el Precio Indexado, a diferencia del Precio Fijo, sufre variaciones en función del mercado. Este tipo de precio es el idóneo cuando la tendencia del mercado

es bajista, por ejemplo, en plena crisis del Covid, en los meses de marzo y abril cuando los precios de la energía se desplomaron ante la falta de consumo.

6.3.2. Energía eléctrica y sus costes.

Como se indica en la tabla anterior, el consumo eléctrico anual se estima en torno a los 226.911,12 MWh.

Con el fin de conocer los costes que genera este consumo anualmente se explican los diferentes cálculos y procedimientos que se deben realizar.

Lo primero, es bueno conocer el número de puntos de suministro presentes en el proyecto. En este caso hay cuatro CUPS diferentes, de los cuales uno pertenece a la planta hidrometalúrgica y los otros tres son de oficinas.

Antes de seguir, hay que hacer un pequeño inciso en el CUPS, significa Código Unificado de Punto de Suministro. El código está formado por 20 o 22 dígitos, las dos primeras letras indican el país (ES, España), los cuatro números siguientes forman el código de la distribuidora, después vienen doce números de libre asignación y, por último, dos letras usadas para el control y detección de errores.

Los CUPS de gas poseen estos 20 valores, pero en electricidad se añaden un número y una letra que aportan información adicional al suministro.

Para los cálculos que se van a realizar en los siguientes apartados es necesario conocer el precio que tiene la energía eléctrica, para lo que se explican los pasos que se han seguido para sacar estos:

Las comercializadoras de libre mercado ofrecen productos tanto a precio fijo como a indexado al mercado. La diferencia como ya se ha expuesto es que el producto indexado puede estar unido a distintos mercados o valores volátiles del mercado eléctrico.

Para el caso de elegir un precio indexado, este está indexado al mercado OMIE (Operador del mercado eléctrico designado) [8]. El OMIE (NEMO en terminología europea) se encarga de la gestión del mercado diario e intradiario de electricidad en la Península Ibérica. Este producto indexado plantea, para el cálculo de precios, el cruce de los consumos extraídos de las curvas horarias mensuales de cada suministro telemedido, siendo obligatorio la telemedida para aquellos suministros que tengan una potencia contratada superior a los 50 kW.

Así, con los precios horarios de OMIE y con los términos regulados del mercado eléctrico la composición del precio queda de la siguiente forma:

$$\text{Precio Energía } h = (\text{OMIE} * h + \text{SSAA} * h + \text{TE} * h + \text{INT} * h + \text{PC} * h + \text{TOM} * h + \text{TOS} * h) * (1 + \text{Cperd} * h) * 1,015 + \text{ATRe} * h + \text{DV} * h + \text{FEE} * h$$

OMIE = Operador del mercado eléctrico designado, coste horario de adquisición de la energía eléctrica en el mercado mayorista de producción OMIE.

SSAA = Servicios de Ajuste del Sistema, son aquellos que aseguran el suministro de energía en las condiciones de calidad, fiabilidad y seguridad necesarias.

EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL CONSUMO ENERGÉTICO DEL PROYECTO MINERO COBRE LAS CRUCES Y ANÁLISIS DEL IMPACTO CAUSADO POR EL COVID-19

TE = aportación al Fondo de Eficiencia, exigido y propio para cada comercializadora.

INT = coste del servicio de gestión de la demanda de interrumpibilidad vigente en cada momento. Se facturará el valor del mes vencido. Son valores mensuales (todas las horas del mes tienen el mismo).

PC = Pago por Capacidad vigente en cada momento para la tarifa de acceso y en el sistema eléctrico que corresponda.

TOM = Tasa de Operador del Mercado vigente en cada momento. Publicado en BOE.

TOS = Tasa de Operador del Sistema vigente en cada momento. Publicado en BOE.

Cperd = coeficientes horarios representativos de las Pérdidas de Red establecidos por el Operador del sistema para la Tarifa de Acceso que corresponda.

Ctasas = Importe de tasas municipales establecido según lo indicado por la regulación actual vigente del 1,5%.

ATRe: se calculará en base a lo establecido en la Orden ETU/1282/2017 del 22 de diciembre, por la que se revisan los peajes de acceso de energía eléctrica para 2018 o disposiciones legales que lo sustituyan.

DV = coste horario de los desvíos por la diferencia entre la previsión de consumo considerada por la Comercializadora y el consumo efectivo. Valor fijo firmado por el cliente y constante durante todo el contrato. En este momento se estiman desvíos por 0.5€/MWh

Fee = honorarios que incluyen costes de operación y gestión del contrato, así como prima de riesgo y costes financieros.

De esta manera se cruzan mensualmente todos estos términos regulados con la curva de carga de cada suministro para estimar un precio objetivo de facturación, quedando variable en función de la tendencia del mercado eléctrico.

Por otro lado, para calcular el precio fijo, producto en el que se basan las estimaciones de los costes anuales que se expondrán a continuación, se plantea un producto personalizado. En este producto hay que tener en cuenta la volatilidad del mercado en un registro histórico para tratar de minimizar el margen de error de la tendencia a valorar y poder plantear un precio constante para 12 meses con una mayor precisión.

Las siguientes cotizaciones son un ejemplo de las que se ofrecen para los próximos 12 meses a día 18/08/2020 en el Mercado MEFF, que es el Mercado de Derivados de BME (Bolsas y Mercados Españoles).

Tabla 6.2. Precios Mercado MEFF a fecha 18/08/2020.

Contratos	BID (Oferta)	ASK (Demanda)
Septiembre 20	38,60	38,80
Octubre 20	40,80	41,00
Noviembre 20	41,50	43,00
Diciembre 20	44,85	45,25
Q4 20	42,60	42,90
Q1 21	43,50	44,00
Q2 21	39,00	40,00
Cal 21	43,90	44,10
Cal 22	45,85	46,50

Para poder promediar un precio de cobertura objetivo se toman los distintos valores según la demanda del mercado. Según el análisis de la tendencia del mercado OMIE se estima su volatilidad y teniendo en cuenta los términos regulados se calcula un precio fijo por periodo al que se le aplican unos márgenes de volatilidad y una reserva de seguridad siendo más elevados cuanto mayor es el tramo a futuro a medir. Con esto se saca el precio objetivo para los próximos 12 meses [9].

6.3.2.1. Tarifas de acceso

El punto de suministro de la planta hidrometalúrgica cuenta con una tarifa de acceso 6.4, mientras que los de las oficinas tienen una 2.0. Como es natural, la planta requiere un mayor consumo, por lo que tendrá una tarifa que se ajuste a sus necesidades, muy distintas a las de las oficinas.

Estos peajes o tarifas de acceso establecen la retribución anual de la actividad de transporte y distribución indicada por la Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia (CNMC).

Ahora bien, existen distintos peajes que se distinguen en función de:

- Niveles de tensión
- Periodos horarios
- Potencia contratada
- Energía consumida

En base a estos parámetros, los peajes son los siguientes:

EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL CONSUMO ENERGÉTICO DEL PROYECTO MINERO COBRE LAS CRUCES Y ANÁLISIS DEL IMPACTO CAUSADO POR EL COVID-19

Tabla 6.3. Tarifas de acceso de transporte y distribución eléctrica.

APLICACIÓN DE TARIFAS DE ACCESO	TARIFA	TENSIÓN (kV)	POTENCIA (kW)	PERIODOS
	2.0A	<1	≤10	1
	2.0DHA	<1	≤10	2
	2.0DHS	<1	≤10	3
	2.1A	<1	10≤X>15	1
	2.1DHA	<1	10≤X>15	2
	2.1DHS	<1	10≤X>15	3
	3.0A	<1	>15	3
	3.1A	1≤X>36	≤450	
	6.1A	1≤X>30	>450 en algún periodo	6
	6.2	30≤X>36	>450 en algún periodo	
	6.2	36≤X>72,5	Sin restricción	
	6.3	72,5≤X>145	Sin restricción	
	6.4	≥145	Sin restricción	
	6.5	CCII	Sin restricción	

Periodos horarios de los peajes de transporte y distribución:

La discriminación horaria se aplica, según el peaje, en sus respectivos términos de potencia y energía. Esta discriminación se hace en seis periodos distintos (P1, P2, P3, P4, P5 y P6) en función del mes, el día de la semana y la hora del día.

Los peajes varían dependiendo de la ubicación, Península, Canarias, Baleares, Ceuta y Melilla. En este caso, al encontrarse el proyecto en Sevilla, se muestran únicamente los peajes peninsulares, que son aquellos a tener en cuenta.

Además, estos dependen también de la temporada del año:

- Temporada alta: enero, febrero, julio y diciembre.
- Temporada media-alta: marzo y noviembre.
- Temporada media: junio, agosto y septiembre.
- Temporada baja: abril, mayo y octubre.

En función de los días:

- Tipo A: de lunes a viernes no festivos de temporada alta.
- Tipo B: de lunes a viernes no festivos de temporada media-alta.
- Tipo B1: de lunes a viernes no festivos temporada media.
- Tipo C: de lunes a viernes no festivos de temporada baja.
- Tipo D: sábados, domingos, festivos y 6 de enero.

Tabla 6.4. Periodos horarios de las tarifas de acceso.

Periodo horario	Tipo de día				
	Tipo A	Tipo B	Tipo B1	Tipo C	Tipo D
P1	De 9h a 14h De 18h a 22h	-	-	-	-
P2	De 8h a 9h De 14h a 18h De 22h a 0h	De 9h a 14h De 18h a 22h	-	-	-
P3	-	De 8h a 9h De 14h a 18h De 22h a 0h	De 9h a 14h De 18h a 22h	-	-
P4	-	-	De 8h a 9h De 14h a 18h De 22h a 0h	De 9h a 14h De 18h a 22h	-
P5	-	-	-	De 8h a 9h De 14h a 18h De 22h a 0h	-
P6	De 0h a 8h	De 0h a 8h	De 0h a 8h	De 0h a 8h	Todas las horas del día.

Antes de pasar a analizar los suministros en cuestión, hay que tener en cuenta que, a la hora de realizar los cálculos que darán los costes de la energía se tienen que saber los precios que se estipulan para la potencia y la energía consumida.

Las siguientes tablas indican los costes de las potencias y del consumo dependiendo de la tarifa escogida. Las unidades de estas son, para la potencia contratada, €/kW por año y, para la energía consumida, €/kWh [10].

EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL CONSUMO ENERGÉTICO DEL PROYECTO MINERO COBRE LAS CRUCES Y ANÁLISIS DEL IMPACTO CAUSADO POR EL COVID-19

Tabla 6.5. Precios de potencia y energía para las tarifas de acceso de baja tensión.

TARIFAS DE ACCESO DE BAJA TENSIÓN				
TARIFA		PERIODO 1	PERIODO 2	PERIODO 3
2.0A	Potencia	38,043426	-	-
	Energía	0,044027	-	-
2.0DHA	Potencia	38,043426		-
	Energía	0,062012	0,002215	-
2.0DHS	Potencia	38,043426		
	Energía	0,062012	0,002879	0,000886
2.1A	Potencia	44,44471	-	-
	Energía	0,05736	-	-
2.1DHA	Potencia	44,44471		-
	Energía	0,074568	0,013192	-
2.1DHS	Potencia	44,44471		
	Energía	0,074568	0,017809	0,006596
3.0A	Potencia	40,728885	24,43733	16,291555
	Energía	0,018762	0,012575	0,00467

Tabla 6.6. Precios de potencia y energía para las tarifas de acceso de alta tensión.

TARIFAS DE ACCESO DE ALTA TENSIÓN							
TARIFA		PERIODO 1	PERIODO 2	PERIODO 3	PERIODO 4	PERIODO 5	PERIODO 6
3.1A	Potencia	59,173468	36,490689	8,367731	-	-	-
	Energía	0,014335	0,012754	0,007805	-	-	-
6.1A	Potencia	39,139427	19,586654	14,334178	14,334178	14,334178	6,540177
	Energía	0,026674	0,019921	0,010615	0,005283	0,003411	0,002137
6.2	Potencia	22,158348	11,088763	8,115134	8,115134	8,115134	3,702649
	Energía	0,015587	0,011641	0,006204	0,003087	0,001993	0,001247
6.3	Potencia	18,916198	9,466286	6,92775	6,92775	6,92775	3,160887
	Energía	0,015048	0,011237	0,005987	0,002979	0,001924	0,001206
6.4	Potencia	13,706285	6,859077	5,019707	5,019707	5,019707	2,290315
	Energía	0,008465	0,007022	0,004025	0,002285	0,001475	0,001018
6.5	Potencia	13,706285	6,859077	5,019707	5,019707	5,019707	2,290315
	Energía	0,008465	0,007022	0,004025	0,002285	0,001475	0,001018

6.3.2.2. Planta hidrometalúrgica

La planta hidrometalúrgica, debido a los procesos que se llevan a cabo en ella, requiere un consumo eléctrico muy elevado, para lo que se ha contratado una tarifa de acceso 6.4.

Este peaje, como ya se ha indicado, tiene las siguientes características:

- Requiere una tensión mínima de 145 kV. Hay que recordar que por el complejo pasan dos líneas eléctricas, una de 132 kV y otra de 220 kV, con lo que queda claro que con esta segunda línea es posible adaptarse a este requisito.

- No hay restricción en cuanto a la potencia contratada. En este caso hay 36.500 kW contratados para cada uno de los seis periodos en los que se divide.
- La discriminación horaria se establece en los seis periodos existentes, en estos se producen variaciones significativas en cuanto a su consumo.

A continuación, se muestran las potencias contratadas y los consumos realizados en los distintos periodos.

Tabla 6.7. Potencias contratadas y consumos en sus respectivos periodos del suministro de la planta hidrometalúrgica.

Periodo horario	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Potencia contratada (kW)	36.500	36.500	36.500	36.500	36.500	36.500
Energía consumida (kWh/año)	19.020.479	27.541.272	8.728.527	14.294.344	26.582.635	130.725.349

Es claramente visible que en todos los periodos existe una gran diferencia de consumo, pero es en el periodo “P6” donde se encuentra la mayor diferencia, llegando a ser casi cinco veces superior al del segundo mayor consumo (periodo “P2”). Cabe recordar que el periodo “P6” es aquel que comprende los sábados, domingos, festivos, 6 de enero y todos los días restantes de 0 a 8 horas.

Tabla 6.8. Precios en €/MWh de los conceptos de la energía para la tarifa de acceso 6.4.

Precio (€/MWh)	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Precio Potencia 6.4	0,037551	0,018792	0,013753	0,013753	0,013753	0,006275
Precio BOE ATR 6.4	0,008465	0,007022	0,004025	0,002285	0,001475	0,001018
Precio Energía 6.4	0,064641	0,060988	0,057035	0,054631	0,054505	0,052177

En esta tabla se muestran los diferentes precios en €/MWh por periodo de los diferentes conceptos, tales como el precio de la potencia, el precio de la tarifa de acceso (ATR) y el de la energía consumida.

Tabla 6.9. Costes anuales por conceptos y periodos de la tarifa 6.4.

Costes anuales (€)	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Costes anuales POTENCIA	500.279,40	250.356,31	183.219,31	183.219,31	183.219,31	83.596,50
Costes anuales ATR	161.008,35	193.394,81	35.132,32	32.662,58	39.209,39	133.078,41
Costes anuales Energía	1.229.496,07	1.679.688,48	497.831,18	780.920,67	1.448.881,68	6.820.897,39

Después de ver los costes anteriores se calculan los de cada uno de los tres conceptos explicados.

- Costes anuales de potencia. Se multiplica la potencia contratada (Tabla 6.7. Potencias contratadas y consumos en sus respectivos periodos del suministro de la planta hidrometalúrgica.), por su precio (**Error! No se encuentra el origen de**

EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL CONSUMO ENERGÉTICO DEL PROYECTO MINERO COBRE LAS CRUCES Y ANÁLISIS DEL IMPACTO CAUSADO POR EL COVID-19

la referencia.), por 365 (los días del año), obteniendo así este coste por cada periodo.

- II. Costes anuales ATR. Estos costes se sacan multiplicando la energía consumida (Tabla 6.7. Potencias contratadas y consumos en sus respectivos periodos del suministro de la planta hidrometalúrgica.) por el precio ATR (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**).
- III. Costes anuales energía. La multiplicación del precio de la energía (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**) por el consumo anual de esta (Tabla 6.7. Potencias contratadas y consumos en sus respectivos periodos del suministro de la planta hidrometalúrgica.) dará como resultado los costes resultantes de la energía consumida.

Tabla 6.10. Costes anuales del suministro de la planta hidrometalúrgica.

Concepto	Importe (€)
Costes anuales POTENCIA	1.383.890,13
Costes anuales ATR	594.485,86
Costes anuales Energía	12.457.715,46
Total	14.436.091,45

Por último, se suman los periodos de cada concepto y la suma de estos conceptos da el coste anual estimado de la electricidad consumida por el punto de suministro de la planta hidrometalúrgica, que es de 14.436.091,45€.

6.3.2.3. Suministros Oficinas

Los tres puntos de suministro restantes, por su consumo y peaje, se da por hecho que son de oficinas. Estos serán nombrados como “Oficina 1”, “Oficina 2” y “Oficina 3” y, a diferencia del suministro de la planta, en estos solo se encuentra un único periodo. Esto quiere decir que en la tarifa de acceso 2.0A, como ya se apuntaba, no existe discriminación horaria, por lo que los cálculos serán más sencillos que en el caso anterior [11].

Las características del peaje 2.0A hay que recordar que son las siguientes:

- La tensión no supera 1kV.
- La potencia contratada es de 10 kW.
- Cuenta con un único periodo, no presenta discriminación horaria.

Aquí se muestran los precios que corresponden a la tarifa 2.0A.

Tabla 6.11. Precios de los conceptos de la energía para la tarifa 2.0A.

Precio (€/MWh)	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Precio Potencia (€/MWh) 2.0A	0,104229					
Precio BOE ATR 2.0A	0,044027					
Precio Energía 2.0A	0,108744					

Oficina 1

Para empezar, en la Oficina 1, la potencia contratada para este suministro es de 5,75 kW mientras que la energía consumida anualmente es de 11.308 MWh.

Tabla 6.12. Potencia contratada y energía anual consumida en la Oficina 1.

Tarifa de acceso 2.0A	Oficina 1
Potencia contratada (kW)	5,75
Energía consumida (kWh/año)	11.308

Los costes de cada concepto son calculados de la siguiente manera:

- I. Costes anuales de potencia. Se multiplica el precio de la potencia (Tabla 6.11. Precios de los conceptos de la energía para la tarifa 2.0A.) por la potencia contratada (Tabla 6.12. Potencia contratada y energía anual consumida en la Oficina 1.) y por 365, que son los días del año.
- II. Costes anuales ATR. La energía consumida (Tabla 6.12. Potencia contratada y energía anual consumida en la Oficina 1.) por el precio ATR (Tabla 6.11. Precios de los conceptos de la energía para la tarifa 2.0A.).
- III. Costes anuales energía. Hay que multiplicar la energía consumida (Tabla 6.12. Potencia contratada y energía anual consumida en la Oficina 1.) por el precio de la energía (Tabla 6.11. Precios de los conceptos de la energía para la tarifa 2.0A.).

Tabla 6.13. Costes anuales del suministro Oficina 1.

Costes anuales (€)	Oficina 1
Costes anuales POTENCIA	218,75
Costes anuales ATR	497,86
Costes anuales Energía	1229,68
Total	1946,28

La suma de los costes de los tres conceptos expuestos da como resultado el coste anual estimado de la electricidad consumida por el punto de suministro "Oficina 1", que asciende a 1.946,28€.

Oficina 2

EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL CONSUMO ENERGÉTICO DEL PROYECTO MINERO COBRE LAS CRUCES Y ANÁLISIS DEL IMPACTO CAUSADO POR EL COVID-19

En cuanto al suministro de la Oficina 2, el procedimiento a seguir es el mismo que el anterior, los precios de los conceptos son los mismos (Tabla 6.11. Precios de los conceptos de la energía para la tarifa 2.0A.) ya que corresponden a la misma tarifa de acceso. Lo único que varía, como es normal, son la potencia contratada y el consumo del suministro, los cuales se exponen en la siguiente tabla.

Tabla 6.14. Potencia contratada y energía anual consumida en la Oficina 2.

Tarifa de acceso 2.0A	Oficina 2
Potencia contratada (kW)	6,60
Energía consumida (kWh/año)	4.359

Como se puede ver en la tabla, la potencia contratada en este caso es de 6,60 kW, mientras que la energía consumida anualmente son 4.359 kWh.

Por otro lado, los costes de cada concepto se calculan de la misma manera que en el suministro Oficina 1.

- I. Costes anuales potencia = Precio potencia (€/MWh) * Potencia contratada (MW) * 365 días
- II. Costes anuales ATR = Precio ATR (€/MWh) * Energía consumida (MWh)
- III. Costes anuales energía = Precio energía (€/MWh) * Energía consumida (MWh)

Tabla 6.15. Costes anuales del suministro Oficina 2.

Costes anuales (€)	Oficina 2
Costes anuales POTENCIA	251,09
Costes anuales ATR	191,91
Costes anuales Energía	474,02
Total	917,02

Si juntamos los conceptos de los costes de potencia, ATR y energía obtenemos el coste anual estimado de la electricidad consumida por el punto de suministro "Oficina 2", el cual nos da una cantidad de 917,02€.

Oficina 3

En la Oficina 3 está contratada una potencia de 6,50 kW y se consumen al año 2.846 kWh, tal y como se indica en la siguiente tabla.

Tabla 6.16. Potencia contratada y energía anual consumida en la Oficina 3.

Tarifa de acceso 2.0A	Oficina 3
Potencia contratada (kW)	6,50
Energía consumida (MWh/año)	2.846

Para calcular los costes de este suministro hay que hacer los mismos cálculos que los realizados para los dos suministros anteriores, Oficina 1 y Oficina 2.

- I. Costes anuales potencia = Precio potencia (€/MWh) * Potencia contratada (MW) * 365 días
- II. Costes anuales ATR = Precio ATR (€/MWh) * Energía consumida (MWh)
- III. Costes anuales energía = Precio energía (€/MWh) * Energía consumida (MWh)

Tabla 6.17. Costes anuales del suministro Oficina 3.

Costes anuales (€)	Oficina 3
Costes anuales POTENCIA	247,28
Costes anuales ATR	125,30
Costes anuales Energía	309,49
Total	682,07

La suma de los costes de potencia, ATR y energía dan como resultado el coste anual estimado de la electricidad consumida por el punto de suministro “Oficina 3”, 682,07€.

6.3.2.4. Costes electricidad

Tabla 6.18. Costes anuales electricidad sin IVA.

Suministro	Costes (€)
Planta hidrometalúrgica	14.436.091,45
Oficina 1	1.946,28
Oficina 2	917,02
Oficina 3	682,07
Total	14.439.636,81

Por último, juntando los costes de los cuatro puntos de suministro eléctrico presentes en el proyecto Cobre Las Cruces, se obtiene como resultado que el coste anual estimado de la electricidad consumida es de 14.439.636,81€.

Este coste es una parte de la factura, a esto hay que añadir la parte de los impuestos, en la que el IVA corresponde al 21%, el impuesto eléctrico y, si se da el caso, el importe de facturación de alquileres.

Teniendo esto en cuenta, se calculará el precio con IVA puesto que los demás conceptos supondrán una pequeña variación en el importe, que es de 17.471.960,54€.

6.3.3. Costes del Gas Natural

En la primera tabla de este apartado (Tabla 6.1. Consumo energético anual estimado.) se ha indicado el consumo anual de las diferentes energías empleadas en el proyecto, entre ellas el gas natural.

EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL CONSUMO ENERGÉTICO DEL PROYECTO MINERO COBRE LAS CRUCES Y ANÁLISIS DEL IMPACTO CAUSADO POR EL COVID-19

El gas natural presenta una serie de ventajas desde el punto de vista ambiental y operacional frente a otros combustibles tales como su alto rendimiento en la combustión y la reducción en la emisión de partículas, óxidos de azufre y nitrógeno.

Es por esto por lo que se consume en las calderas de planta, que producen vapor de agua y agua caliente, y en la caldera de tratamiento de aguas, con la que se alimenta el vapor requerido para la evaporación forzada. Esto permite la reducción de caudales de rechazo generados en el tratamiento de aguas por ósmosis inversa.

Teniendo en cuenta los tres últimos informes de sostenibilidad presentados por la empresa se ha estimado el consumo anual de gas natural en el proyecto. En la siguiente tabla se exponen estos datos, con los que se ha hecho la media para obtener un único dato de consumo.

Tabla 6.19. Consumo anual de Gas Natural.

Informe Sostenibilidad	Consumo (T/año)	Consumo (kWh/año)
2016	4.847,00	76.325.572,01
2017	5.078,00	79.963.122,48
2018	5.463,00	86.025.706,59
Media	5.129,33	80.771.467,03

El dato del consumo en los informes se indica en toneladas por año por lo que, para pasarlo a kWh (unidades con las que se calculan las tarifas), ha sido necesario realizar el siguiente cálculo:

$$\text{Consumo (kWh/año)} = 5129,33 \text{ (T/año)} * 10^3 \text{ (kg/T)} * 1 / 0,743 \text{ (m}^3\text{/kg)} * 11,70 \text{ (kWh/m}^3\text{)}$$

$$\text{Consumo (kWh/año)} = 80.771.467,03$$

Una vez se tiene el consumo anual es posible obtener la tarifa de acceso de gas natural. En este caso, suponiendo que el punto de suministro se encuentre a media presión, la tarifa de acceso será una 2.4, que como se indica en la tabla comprende los consumos anuales desde los 30 hasta los 100 GWh al año.

Tabla 6.20. Precios de las tarifas de acceso de Gas Natural.

TARIFAS DE ACCESO GAS NATURAL				
PEAJE			TÉRMINO FIJO (TF) €/kWh/día/mes	TÉRMINO VARIABLE (TV) €/kWh
Peaje 1 P>60 bar Alta Presión	1.1	≤ 200 GWh/año	0,03456	0,000847
	1.2	200 GWh/año < X ≤ 1.000 GWh/año	0,030875	0,000682
	1.3	> 1.000 GWh/año	0,028657	0,000615
Peaje 2 4 bar<P≤60 bar Media Presión	2.1	≤ 0,5 GWh/año	0,253055	0,001934
	2.2	0,5 < X ≤ 5 GWh/año	0,068683	0,001543
	2.3	5 < X ≤ 30 GWh/año	0,044971	0,001249
	2.4	30 < X ≤ 100 GWh/año	0,04121	0,001121
	2.5	100 < X ≤ 500 GWh/año	0,037887	0,000983
	2.6	> 500 GWh/año	0,034848	0,000852
Peaje 3 P≤4 bar	3.1	5.000 kWh/año	2,53	0,029287
	3.2	5.000 < X ≤ 50.000 kWh/año	5,79	0,022413
	3.3	50.000 < X ≤ 100 MWh/año	54,22	0,016117
	3.4	>100 MWh/año	80,97	0,013012
	3.5	> 8GWh/año	0,059258	0,00201

Lo siguiente para calcular los costes generados por el gas natural será mirar el precio de los próximos meses. La tarifa puede ir con un precio fijo o indexado, en este caso usaremos el precio fijo, por lo que al final, aparte de obtener los costes totales, también obtendremos el coste por cada MWh, que a la hora de pedir a una empresa que te hagan una oferta es a lo que se le presta especial atención.

Los consumos mensuales se estiman iguales ya que para los procesos en los que se emplea mayor cantidad de GN son estables todo el año. Es decir, el consumo es el mismo ya que no se interrumpe la producción, en lo que si puede variar es en las oficinas (indicadas en el apartado de electricidad) pero, teniendo en cuenta la diferencia que hay entre un consumo y otro, no existirá apenas variación, por eso contamos con que todos los meses se gasta la misma cantidad de gas.

EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL CONSUMO ENERGÉTICO DEL PROYECTO MINERO COBRE LAS CRUCES Y ANÁLISIS DEL IMPACTO CAUSADO POR EL COVID-19

Tabla 6.21. Precios y consumos de GN por meses.

		TTF (€/MWh)	AOC (€/MWh)	Beta (€/MWh)	CONSUMO (kWh)	% Consumo
ago2020	AGOSTO	7,098	8,922	1,824	6.730.955,59	8,33%
sep2020	SEPTIEMBRE	7,623	10,123	2,500	6.730.955,59	8,33%
oct2020	OCTUBRE	9,417	11,317	1,900	6.730.955,59	8,33%
nov2020	NOVIEMBRE	11,996	12,746	0,750	6.730.955,59	8,33%
dic2020	DICIEMBRE	12,787	13,537	0,750	6.730.955,59	8,33%
ene2021	ENERO	13,071	14,171	1,100	6.730.955,59	8,33%
feb2021	FEBRERO	13,079	14,179	1,100	6.730.955,59	8,33%
mar2021	MARZO	12,877	13,977	1,100	6.730.955,59	8,33%
abr2021	ABRIL	12,307	13,607	1,300	6.730.955,59	8,33%
may2021	MAYO	12,179	13,479	1,300	6.730.955,59	8,33%
jun2021	JUNIO	11,886	13,186	1,300	6.730.955,59	8,33%
jul2021	JULIO	11,915	13,215	1,300	6.730.955,59	8,33%
Consumo Anual (kWh)					80.771.467,03	100%

Aquí se muestran los datos necesarios para hacer los posteriores cálculos, pero, como ya se ha explicado, la estimación se lleva a cabo con un precio fijo y no indexado. Con el Precio Indexado se utilizan los datos “TTF” y “Beta”, pero para el fijo solo se necesitan los datos “AOC” además de los consumos mensuales y anuales.

Hay que subrayar que, el TTF (Title Transfer Facility) es el precio del gas en el mercado de Holanda y el AOC (Almacenamiento Operativo Comercial) [12] es el precio que se emplea como regulador de los excesos de aprovisionamiento (equilibrio de entradas y salidas de la red de transporte, mermas e intercambios de GN) [13].

Por su parte, la beta es una medida que da a conocer la volatilidad. Si se da el caso de que hay una beta de 0,77, significa que existe una volatilidad baja ya que se encuentra ligeramente por debajo de 1. Esto incidirá en el Precio Indexado.

Así, para simplificar y no mezclar datos que son necesarios y que no, se usará la tabla siguiente.

MARTÍN ACEREDA GARCÍA

Tabla 6.22. Precios AOC y consumos por meses.

		AOC (€/MWh)	CONSUMO (kWh)	% Consumo
ago2020	AGOSTO	8,922	6.730.956	8,33%
sep2020	SEPTIEMBRE	10,123	6.730.956	8,33%
oct2020	OCTUBRE	11,317	6.730.956	8,33%
nov2020	NOVIEMBRE	12,746	6.730.956	8,33%
dic2020	DICIEMBRE	13,537	6.730.956	8,33%
ene2021	ENERO	14,171	6.730.956	8,33%
feb2021	FEBRERO	14,179	6.730.956	8,33%
mar2021	MARZO	13,977	6.730.956	8,33%
abr2021	ABRIL	13,607	6.730.956	8,33%
may2021	MAYO	13,479	6.730.956	8,33%
jun2021	JUNIO	13,186	6.730.956	8,33%
jul2021	JULIO	13,215	6.730.956	8,33%
Promedio		12,705	6.730.956	8,33%
Consumo Anual (kWh)			80.771.467	100%

Lo siguiente es sacar el coste de molécula, que es la media ponderada del precio AOC de cada mes con su respectivo consumo. Como es obvio, en este caso la media ponderada será lo mismo que hacer el promedio de los Precios AOC, que es 12,705 €/MWh. El FEE y el margen son beneficios que se lleva la comercializadora.

Tabla 6.23. Conceptos de precio fijo sin ATR.

Concepto	Importe (€/kWh)
Coste molécula	0,01271
FEE	0,00024
Margen	0,00200

Una vez se ha calculado el coste de molécula y sabemos a cuánto ascienden los conceptos de “FEE” y “Margen” hay que sumar esas cantidades para obtener el término variable sin incluir el precio de la tarifa de acceso, 14,95 €/MWh.

El ATR y el Término Fijo son dos datos que dependen de la tarifa de acceso, 2.4, y que para este peaje equivalen a 1,12€/MWh y 0,04121 €/kWh/día/mes.

Tabla 6.24. Precios de Término Fijo y Término Variable.

Concepto		Importe
Término Variable (€/kWh)	Precio fijo (sin ATR)	0,01495
	Término Variable (ATR)	0,00112
Término Fijo (€/kWh/día/mes)		0,04121

EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL CONSUMO ENERGÉTICO DEL PROYECTO MINERO COBRE LAS CRUCES Y ANÁLISIS DEL IMPACTO CAUSADO POR EL COVID-19

Cuando se suman el Término Fijo, indicado en la tarifa de acceso, y el Término Variable, que depende de la energía consumida, se obtiene como resultado el coste anual que presenta el proyecto Cobre Las Cruces por su consumo de Gas Natural, que es de 1.297.936,55 €.

Tabla 6.25. Costes anuales del Gas Natural.

Concepto	Importe (€/año)
Término Variable	1.297.921,51
Término Fijo	15,04165
Total	1.297.936,55

Por último, como ya se indicó, resaltar la importancia de saber a cuánto asciende el precio por MWh, que es el dato principal cuando se presenta una oferta para contratar un suministro de gas por parte de la empresa, 16,07 €/MWh.

Tabla 6.26. Precio fijo del gas por cada MWh consumido.

Precio Fijo (€/MWh)	16,07
---------------------	-------

Este precio, al igual que en el caso de la electricidad, es sin incluir el IVA. Además, en las diferentes facturas que fueran llegando a la empresa se le incluirían diferentes conceptos adicionales. Estos son el “Importe de Facturación de Alquileres”, “Importe Impuesto IVA-IGIC”, “Importe Alquiler Unidad Remota” y el “Impuesto de Hidrocarburos” entre otros.

Cabe resaltar que, el porcentaje de IVA aplicado sobre los 1.297.936,55€ es del 21%, quedando así un importe de 1.570.503,23€.

Por otro lado, se ha señalado el concepto “Importe Alquiler Unidad Remota”, este se emplea en puntos de suministro telemetrados, con consumos muy elevados que requieren un seguimiento de mayor precisión, aportando siempre la lectura real y no la estimada, como es el caso de hogares y PYMES. Dichos equipos de telemetrada, que transmiten la información hasta el centro de control remoto tienen un coste de:

- Equipo para una sola línea: 76,99€/mes.
- Equipo para línea adicional: 14,76 €/mes.

En cualquier caso, el precio a tener en cuenta serán los 1.570.503,23€ ya que el importe de la factura no variará demasiado por los demás conceptos.

6.3.4. Combustible

Para calcular el combustible empleado en Cobre Las Cruces durante un año se ha seguido el mismo procedimiento que para hallar el consumo de gas natural, se ha hecho el promedio de los tres últimos informes de sostenibilidad como se muestra en la figura.

Tabla 6.27. Consumo anual de combustible.

Año	Combustible (L/año)
2016	9.577.869
2017	12.181.214
2018	10.433.217
Media	10.730.767

El uso de combustible en el proyecto se debe a los equipos empleados en la corta minera para el proceso de extracción del mineral. Esta maquinaria requiere de un gran consumo de diésel por lo que, teniendo en cuenta la magnitud de la mina, no es de extrañar que se empleen 10.730.767 litros anuales.

Tabla 6.28. Precios medios del gasóleo A.

Combustible	Repsol	Cepsa	Galp	Shell	BP	Media
Gasóleo A (€/L)	1,105	1,09	1,094	1,063	1,116	1,0936

Viendo los precios medios del diésel que presentan las principales marcas, en €/L, se hace un promedio entre estos para así hallar el precio que costará el litro de combustible, que son 1,0936€/L [14] [15].

Para hallar el importe que genera el empleo de combustible se multiplica el consumo por el precio que tiene cada litro de diésel. Estimando que el precio es de 1,0936€ por cada litro, sale un coste anual de combustible de 11.735.166,79€.

Tabla 6.29. Coste anual de combustible.

Coste anual combustible (€)	11.735.166,79
-----------------------------	---------------

6.3.5. Costes de la energía consumida

Una vez realizados todos los cálculos de la electricidad, el gas y el combustible consumidos al año en el proyecto solo queda sumar estas cifras (con sus respectivos IVA incluidos) para obtener el importe total, que asciende a 30.777.630,56€.

EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL CONSUMO ENERGÉTICO DEL PROYECTO MINERO COBRE LAS CRUCES Y ANÁLISIS DEL IMPACTO CAUSADO POR EL COVID-19

Tabla 6.30. Costes anuales de la energía consumida.

Energía	Consumo	Unidades	Coste (€)
Electricidad	226.911.119,00	kWh	17.471.960,54
Gas Natural	80.771.467,03	kWh	1.570.503,23
Combustible	10.730.766,67	L	11.735.166,79
Total			30.777.630,56

6.4. Terrenos

6.4.1. Necesidades de terrenos. Explotación, escombreras y presas de residuos, planta de tratamiento e instalaciones auxiliares.

La corta, de geometría ovalada, cuyo eje mayor está orientado en dirección Este-Oeste, cuenta con una distancia entre cresta de 1,6 km de Este a Oeste y de 1 km en dirección Norte-Sur.

La mineralización tiene su techo en torno a los -115 y -120 metros, suponiendo una profundidad máxima de 240 metros (cotas comprendidas entre 35 y -205 msnm). En los 150 metros de margas que constituyen la parte más superficial del yacimiento se encuentran los estériles inertes, los estériles de mina pueden estar entremezclados con el mineral o bien ser encajantes de este y el mineral se explota hasta una profundidad de 240 metros.

Se distinguen tres labores mineras o métodos de producción empleados en función del material retirado de la corta minera:

- Las margas excavables se extraen mediante arranque directo con excavadora.
- Las margas “duras” por medio de un esponjamiento con prevoladura y carga con retroexcavadora.
- El mineral y los estériles de la mina se extraen tras realizar una voladura y carga con retroexcavadora.

Tras la explotación y extracción de los distintos materiales estos son llevados a sus respectivos lugares de almacenamiento.

Por un lado, las margas son transportadas cerca de la corta, a las Escombreras Oeste y Sur, donde se almacena el principal volumen extraído. Estas pueden generar aguas ácidas por lo que al almacenarse es necesario el encapsulamiento y sellado de estos residuos.

Las rocas estériles de mina se llevan a la Instalación de Estériles de Mina, IEM, situada en la Escombrera Norte. La instalación posee las mismas características que un depósito de seguridad de residuos peligrosos y, ante el posible riesgo de generar aguas ácidas, los estériles son encapsulados y aislados del medioambiente.

Los estériles de tratamiento o tailing son producidos en la planta, depositados en seco en la Instalación de Estériles de Tratamiento (IET) en la Escombrera Norte.

El mineral es, o bien llevado a la planta hidrometalúrgica para extraer el cobre, o bien almacenado en instalaciones intermedias, esto depende de la necesidad del proceso o del control de las leyes de entrada a planta.

La ubicación de estos depósitos se debe a la redacción del impacto visual y al futuro aprovechamiento de los terrenos afectados por la actividad extractiva al cierre de la explotación. Su forma trata de tener contornos naturalizados, pendientes suaves y alturas que no superan los 45 metros con el fin de adaptarse y camuflarse con el terreno de la zona. A la vez que se generan estos depósitos se procede a la restauración y revegetación de las zonas [1].

6.5. Agua

6.5.1. Potable e industrial. Fuentes, cantidad, calidad y disponibilidad.

En cuanto a la red hidrográfica del proyecto hay que mencionar que este pertenece a la subcuenca noroeste de la cuenca del río Guadalquivir, está situado al Oeste del Rivera de Huelva (afluente del Guadalquivir) y aguas abajo de los embalses de abastecimiento a Sevilla.

Los arroyos de Garnacha y Molinos, que afluyen a 5 km al Sureste, rodean el proyecto. El primero presenta un escaso flujo en verano por el vertido no aguas residuales de Gerena no tratadas. Por su parte, Molinos, que se encuentra regulado por el embalse de El Esparragal, aguas arriba del proyecto, mantiene constante un pequeño caudal durante todo el año.

6.5.2. Agua de mina. Método de drenaje, gestión y tratamientos necesarios.

El agua aparece en todas las fases llevadas a cabo para la elaboración del cobre por lo que su uso sostenible y su correcta gestión son muy importantes, teniendo que realizar los controles necesarios y proporcionando las máximas garantías. Para ello se llevan a cabo las siguientes acciones:

- Para la protección del acuífero Niebla-Posadas se usa un sistema de drenaje y reinyección para que no entre agua en la corta minera y así evitar el contacto con los materiales sulfurosos, lo que echaría a perder los recursos.
- Se reutilizan las aguas residuales urbanas depuradas de la estación de San Jerónimo, así como las aguas de contacto que se recogen en el fondo de la corta.
- Cuando sea posible se realiza el reciclaje en planta.
- Para cumplir con los límites de vertido, el agua que no puede ser reciclada primero se depura y después se vierte.
- Cuando es necesario depurar aguas que provienen de aguas de contacto y de sistema de drenaje a calidad de agua potable se llevan a las plantas de tratamiento de aguas por ósmosis.

6.6. Mano de obra

6.6.1. Disponibilidad y tipo. Cualificación en minería.

Para un proyecto de tales magnitudes es necesaria la presencia de personal cualificado con una gran diversidad disciplinar que permita obtener diferentes puntos de vista y estudiar todas las alternativas posibles ante cualquier reto o problema que se pueda plantear. Con esto se consigue un proyecto sostenible a nivel ambiental, económico y social.

En cuanto al número de personas estaríamos hablando de en torno a 250 empleos directos y unos 550 de empresas contratistas. Por otro lado, la estimación de empleos indirectos es de 1500 personas.

En cuanto a la cualificación del personal, a parte de los cursos impartidos por la propia empresa, la universidad de Sevilla ofrece una amplia variedad tanto de grados en ingeniería como economía, derecho, etc. En esta universidad no se encuentra un grado de ingeniería de minas, pero en otras partes de la Comunidad Autónoma de Andalucía sí que se imparte dicho grado, lo que permite contratar a personal local, de la zona, ya que por regla general es personal muy cualificado.

6.6.2. Costes salariales y tendencia.

Según indican las Cuentas Anuales del año 2019 de Cobre Las Cruces [16], aportadas por el Departamento de Comunicación de la empresa, en los Gastos de Personal se encuentran aquellos gastos equivalentes a los sueldos, salarios y asimilados.

En el documento, aparecen aquellos gastos de los años 2018 y 2019, por lo que se hace el promedio entre estos dos, que da como resultado que el coste anual de los salarios es de 17.104.500€.

En 2018 el coste fue de 21.184.000€ mientras que en 2019 descendió hasta los 13.025.000€ por lo que la tendencia de los costes salariales es bajista, esto es debido a que, como ya se ha mencionado, la extracción de cobre de la mina está cerca de concluir.

6.6.3. Grado de organización.

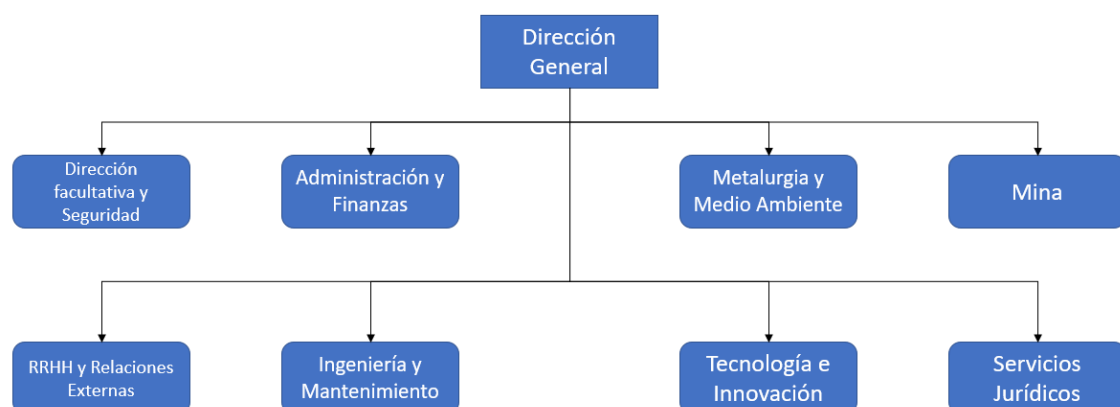


Figura 6.3. Organización de la compañía por departamentos. Fuente: Elaboración propia.

La compañía se organiza por departamentos en los que el objetivo común es la consecución de producción, bienestar social y protección del medioambiente.

6.6.4.Historia laboral del área y comarca.

Cabe resaltar que, uno de los requisitos impuestos por los gobiernos de la región, será el de fomentar la contratación local y la formación de los más jóvenes, lo que lleva a estimar que casi la mitad del total de los empleados serán de procedencia local, dando así un gran impulso a la economía de la zona.

En cuanto a la igualdad de género se aprobará un Plan de Igualdad que permita garantizar la inclusión e igualdad de trato y oportunidades de todos los empleados y empleadas de la compañía.

7. Método de tratamiento mineralúrgico

7.1. Mineralogía

7.1.1. Propiedades del mineral: mineralógicas, físicas y químicas.

El mineral extraído en la corta minera es la Calcosina (Cu_2S), compuesta de un 80% de cobre y un 20% de azufre y que pertenece al grupo de la Calcosina-Digenita [17].



Figura 7.1. Calcosina. Fuente: <https://www.geoaprendo.com/2014/09/calcosina-chalcocite-mineral.html>

En cuanto a sus propiedades físicas podemos destacar su color gris oscuro o negro, una dureza de 2.5-3 según la Escala de Mohs, cuenta con una densidad de entre 5.5 y 5.8 g/cm^3 , posee un brillo metálico, es frágil y su fractura tiene forma conoidal.

Por otro lado, en el ámbito químico destacan su punto de fusión, 525 $^{\circ}\text{C}$, y su reacción a los ácidos en la que se disuelve en ácido nítrico caliente con la precipitación de azufre [18].

7.1.2. Dureza del mineral y necesidades de molienda para su liberación.

Una vez extraído del yacimiento, el mineral es llevado a la planta hidrometalúrgica donde será tratado mediante varios procesos para obtener el producto final deseado.

Al llegar a la planta, el mineral es demasiado grande para los procesos que se van a realizar, por lo que antes es sometido a un proceso de trituración, que lo convierte en fragmentos de un tamaño inferior a los 15 milímetros. Tras este proceso, aún tiene que reducir más su tamaño, así que pasa por un proceso de molienda, en el que se reduce a un tamaño inferior a 150 micras.

Para ambos procesos, trituración y molienda, hay que tener en cuenta la dureza del mineral, que como ya se ha mencionado anteriormente es de 2.5-3 según la Escala de Mohs.

7.2. Métodos de tratamiento alternativos. Selección.

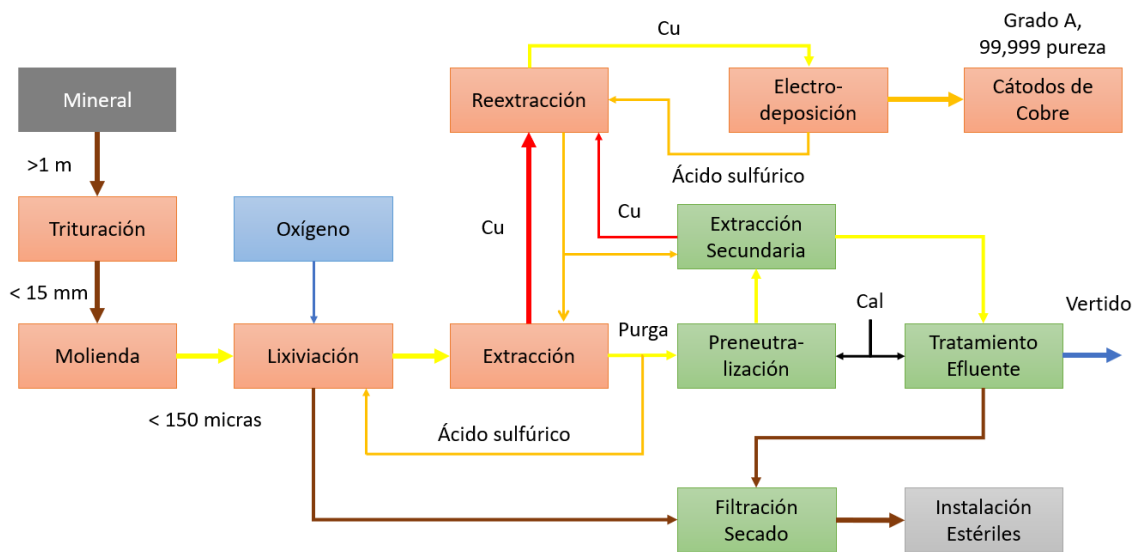


Figura 7.2. Esquema del proceso hidrometalúrgico. Fuente: Elaboración propia

La obtención del producto final (cátodos de cobre) se realiza mediante hidrometalurgia, una serie de procesos que implican una serie de ventajas con respecto a otros métodos tradicionales:

- Se obtiene directamente el producto final listo para ser comercializado, en este caso los cátodos de cobre de alta pureza.
- A diferencia de la pirometalurgia, en este proceso no se genera dióxido de azufre (SO₂), altamente nocivo.
- La recuperación del metal es superior al 90% con respecto a la flotación, técnica usada de manera convencional.

A continuación, se explican las principales etapas por las que pasa el mineral en la planta:

- Trituración y molienda: el mineral es triturado hasta que se consigue el tamaño requerido para pasar al siguiente proceso, la lixiviación. Como ya se ha mencionado, al salir del proceso de trituración, el tamaño del mineral es menor de 15 mm, pero, aun así, se desea conseguir un tamaño inferior a las 150 micras, por lo que el material se lleva al proceso de molienda antes de su paso a la lixiviación.

EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL CONSUMO ENERGÉTICO DEL PROYECTO MINERO COBRE LAS CRUCES Y ANÁLISIS DEL IMPACTO CAUSADO POR EL COVID-19

- Lixiviación: en esta etapa el cobre se encuentra en forma de calcosina (Cu_2S) por lo que es necesario disolverlo. La disolución se lleva a cabo a una temperatura de 90°C , a presión atmosférica y en medio ácido, siendo necesario añadir oxígeno (O_2), sulfato férrico ($\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$) y ácido sulfúrico (H_2SO_4). El mineral que procede de la molienda hace que se disuelva el cobre al pasar al circuito de lixiviación, esto hace que pase a una solución acuosa con el resto de los metales lixiviables, hierro y zinc, lo que hace necesaria la purificación de la solución en las siguientes etapas del proceso.

En el proceso de lixiviación se genera un residuo que es deshidratado por filtración, dando lugar a un residuo sólido seco, los estériles de planta, que van a la instalación de estériles de tratamiento de mina para ser encapsulados progresivamente, omitiendo de esta forma la gestión habitual de balsas de lodos mineros. Esta gestión es una mejora ambiental importante.

- Extracción por solventes: el cobre, tras el proceso de lixiviación, se recupera mediante un agente extractivo con una alta selectividad que permite separarlo de las impurezas de la disolución y obtener una solución que es cobre prácticamente en su totalidad.
- Electrodeposición: la solución acuosa obtenida pasa a las celdas de electrodeposición, donde se aplica una corriente eléctrica continua para que así el cobre se vaya depositando sobre cátodos de acero inoxidable.

Finalmente, obtenemos los cátodos de cobre. Previamente los cátodos han sido lavados, separados del soporte de acero, empaquetados y enviados a la industria de transformación [1].

7.3. Calidad de los productos y especificaciones

Los cátodos de cobre, de unos 50 kg cada uno, son de alta pureza según el Mercado de Metales de Londres pertenecen al grado "A" debido a su contenido de cobre del 99,999%.



Figura 7.3. Producto final listo para comercializar. Fuente: <https://www.cobrelascruces.com/>

Para su transporte, ya en la etapa de comercialización, se emplean elementos de sujeción como flejes metálicos de acero y tacos de madera, estos son reutilizables y carecen de cualquier producto tóxico.

7.3.1. Tamaño y número de unidades

Anualmente se producen 72.000 toneladas de cátodos de cobre, esto supone que, como ya hemos mencionado, se empleen como material de embalaje tacos de madera y flejes metálicos de acero, 10 y 66 toneladas anuales respectivamente.

7.3.2. Rendimientos previstos

A lo largo de los 15 años de extracción inicialmente previstos, el objetivo era la obtención de 1 millón de toneladas de cobre, así el proyecto concluiría en el último trimestre de 2020. Esto se ha mantenido, pero debido a los posteriores estudios realizados, los cuales indican que hay Sulfuros Primarios Polimetálicos (contienen cobre, zinc, plomo y plata) bajo el cobre, las previsiones de duración y cantidad de extracción han aumentado ya que se estima que se puede continuar unos 10 o 15 años más.

7.4. Comercialización del producto

La empresa Metal Corp Trading, propiedad de First Quantum, es la encargada de gestionar todas las operaciones de logística y comercialización de los productos de las empresas del grupo, entre ellos los cátodos de cobre.

Metalcorp Group S.A. es un grupo que se dedica a la comercialización de metales y minerales derivados de sus propias instalaciones de producción. Este grupo está presente a lo largo de 18 países comprendidos en 5 continentes [19].

8. Estudio de impacto ambiental y de restauración de los terrenos

8.1. Descripción del medio físico

Los estudios ambientales previos al inicio del proyecto (Estudio Ambiental de Base de 1997 y Estudio de Impacto Ambiental de 2001) son parte de la solicitud necesaria para la autorización de la explotación minera, por lo que su principal objetivo fue el de identificar las distintas afecciones de la explotación minera al entorno y llevar a cabo una serie de medidas con el fin de evitar o, al menos, disminuir el impacto causado. La Administración recogió sus condiciones en la Declaración de Impacto Ambiental de 2002 donde aparecen las medidas correctoras necesarias.

Hasta el comienzo del proyecto los terrenos, de productividad media-alta, se usaban principalmente para el cultivo de herbáceos de secano como el trigo y el girasol, una pequeña proporción se dedicaba al olivar y al garbanzo y las zonas restantes se empleaban para el pasto de ganado vacuno.

La agricultura ejercida en estos terrenos ha tenido como consecuencia la pérdida de suelo en el 74% de la zona de estudio, esto se debe a la escasez de cobertura vegetal en las zonas de cultivo la mayor parte del año ya que los fuertes vientos y los periodos de lluvia producen la erosión de los suelos [1].

8.2. Identificación de las alteraciones

Las alteraciones producidas por el proyecto se pueden clasificar en cinco grandes grupos:

- Efluentes
- Residuos
- Emisiones sonoras
- Huella de carbono
- Biodiversidad

8.3. Evaluación del impacto ambiental y medidas correctoras

8.3.1. Gestión de efluentes

Ante la evidente escasez e importancia de este recurso su uso eficiente y el cuidado de su calidad se hacen imprescindibles. Para que se garanticen las exigencias de protección ambiental se emplean medidas que garantizan resultados satisfactorios, esto se ejemplifica en la tasa de reutilización de aguas.

Esta tasa permite hacer un seguimiento y optimizar este recurso mediante el cálculo de dos tasas de reutilización, interna y externa. La interna evalúa el porcentaje de reutilización de todas las corrientes que entran en el proyecto y la externa, en la que se incorporan las aguas reutilizadas procedentes de fuentes externas (EDAR de San Jerónimo).

EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL CONSUMO ENERGÉTICO DEL PROYECTO MINERO COBRE LAS CRUCES Y ANÁLISIS DEL IMPACTO CAUSADO POR EL COVID-19

El agua tratada de la EDAR de San Jerónimo se emplea en el proceso hidrometalúrgico mientras que, la recarga ambiental de acuíferos, segregación y reutilización de efluentes se emplea en actividades que requieren una menor calidad de agua.

Existen dos tipos de efluentes en el proyecto los cuales son tratados antes de su descarga:

- Aguas pluviales: las redes de conducción acaban en balsas de sedimentación en las que tras un tiempo se evacúan a través de los puntos de vertido a los arroyos.
- Efluente final de la planta hidrometalúrgica: la descarga se realiza en el punto de vertido indicado en la Autorización Ambiental Integrada, que se encuentra en el río Guadalquivir a su paso por el municipio de La Algaba. Esta se lleva a cabo mediante bombeo por impulsión a través de 15 km de una conducción desde la planta hidrometalúrgica.

Para la obtención de un efluente con la calidad necesaria se usa la planta de tratamiento de aguas residuales e industriales compuesta por equipos y tecnología que permiten la correcta depuración de este recurso.

El nivel freático del acuífero Niebla-Posadas está por encima del yacimiento explotado, esto significa que para que el yacimiento sea explotado hay que interceptar las aguas del acuífero para impedir la inundación de la corta. Con estas medidas se impide que el agua llegue a los materiales sulfurosos, lo que incidiría de manera negativa en su calidad.

En cuanto a las medidas de preservación de las aguas del acuífero se utiliza el Sistema de Drenaje y Reinyección (SDR), formado por un anillo de sondeos de drenaje que circunda la corta minera y a su vez apoyados por sondeos dentro de la propia corta minera. La misión de este anillo es interceptar las aguas del acuífero que se envían a la Planta Permanente de Tratamiento de Aguas (PPTA) para reinyectarlo en el acuífero. La PPTA utiliza el proceso de ósmosis inversa, lo que supone que sea una de las instalaciones más avanzadas del mundo y una gran apuesta por la protección medioambiental.



Figura 8.1. Pozos de extracción activos en la corta minera. Fuente: <https://www.cobrelascruces.com/>

La reinyección se realiza a través de unos sondeos que pueden estar a varios kilómetros de distancia de la corta donde el agua tratada se devuelve al acuífero, así se consigue generar el menor impacto posible.

Antes de ser reinyectada, el agua pasa por un tratamiento que proporciona la calidad que indica el Real Decreto 140/2003. Este establece una serie de criterios sanitarios para que la calidad del agua sea apta para el consumo humano.

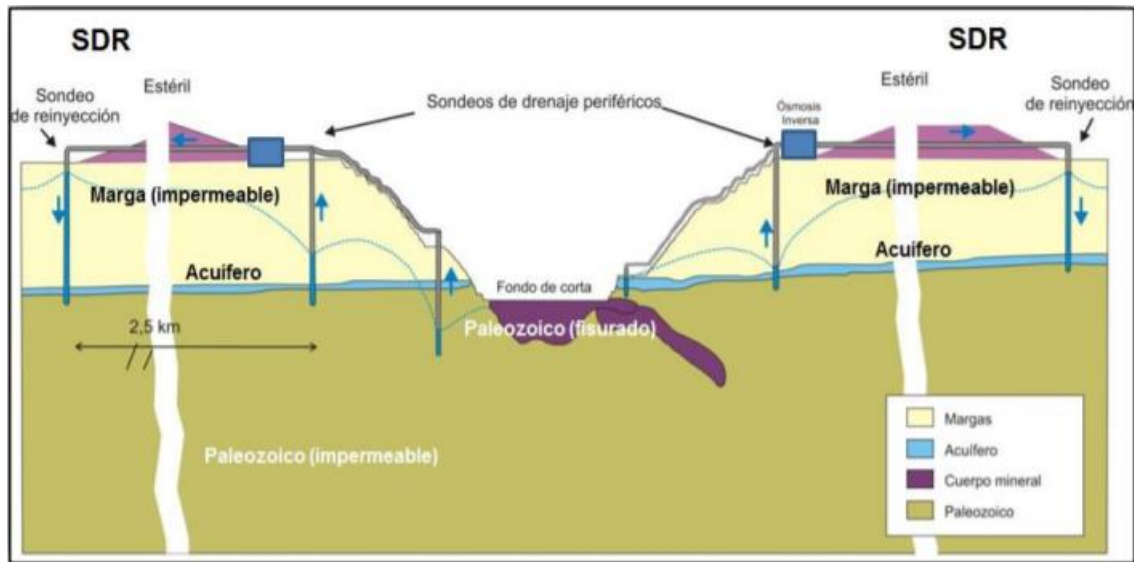


Figura 8.2. Sistema de protección del acuífero. Fuente: <https://www.cobrelascruces.com/>

Para finalizar este apartado, cabe destacar el seguimiento de la calidad de las aguas, que se realiza mediante muestreos y análisis elaborados en laboratorios por personal cualificado, tal y como se establece en el Programa de Vigilancia Ambiental. Estos puntos de medición de calidad de las aguas son los siguientes:

- Aguas y vertido a los arroyos.
- Aguas y vertidos al río Guadalquivir.
- Aguas subterráneas y SDR.
- Aguas embalsadas.
- Niveles piezométricos.
- Pozos de terceros.

8.3.2. Gestión de residuos

Como en todos los proyectos mineros, la generación de gran cantidad de residuos es irremediable por lo que se debe hacer una correcta gestión para cumplir con la normativa vigente y reducir el impacto que se pueda llegar a producir en el medio.

Los residuos de los que hablamos se pueden clasificar en:

EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL CONSUMO ENERGÉTICO DEL PROYECTO MINERO COBRE LAS CRUCES Y ANÁLISIS DEL IMPACTO CAUSADO POR EL COVID-19

- Residuos mineros: provenientes tanto de la corta minera como de la planta hidrometalúrgica. A su vez, estos se pueden dividir en estériles de mina, estériles de tratamiento y residuos inertes (margas).
- Residuos industriales: divididos en residuos peligrosos (RP) y residuos no municipales no peligrosos (RNP).

Siguiendo la normativa vigente, Cobre Las Cruces establece en su gestión de residuos una jerarquización en la que la minimización y la reutilización son prioritarias frente al reciclado y la recuperación energética. En el último escalón se encuentra la eliminación controlada en depósito de seguridad.

Tabla 8.1. Tratamiento de residuos.

Método de tratamiento	RP	RNP	Unidades
Reciclado	623.77	1090.31	Toneladas
Eliminación	261.92	202.32	Toneladas
Total	885.69	1292.63	Toneladas

Como se ha mencionado previamente, los residuos mineros pueden ser margas, estériles de mina y estériles de planta. Cada uno de estos tipos se caracterizan por:

- Residuos inertes (Margas): no producen lixiviados peligrosos, se almacenan en las escombreras Norte, Sur, Oeste y en restauración.
- Estériles de mina: pueden generar ácidos tras la transformación de sulfuros, se almacenan en la Instalación de Estériles de Mina.
- Estériles de planta: contienen sustancias peligrosas procedentes de la transformación física y química de minerales metálicos, este tipo de residuos se almacena en la Instalación de Estériles de Tratamiento.

La instalación de estériles de mina está situada sobre una barrera geológica natural formada por margas, habiendo asegurado previamente la permeabilidad del terreno.

Por su parte, la instalación de estériles de tratamiento está constituida por un vaso excavado en las propias margas que hace de barrera geológica natural debido a su elevada impermeabilidad. Además de esta posee un revestimiento artificial de polietileno de densidad protegiendo así el terreno, una capa de drenaje para la recogida de lixiviados por los que se drena el vaso y dependiendo de la calidad de cada uno se aprovechan de nuevo para las diferentes etapas del proceso hidrometalúrgico.

Para asegurar el correcto aislamiento y control de los residuos, se llevan a cabo exhaustivas medidas de seguridad y evaluaciones, tanto de las condiciones de origen de los residuos mineros, como de las instalaciones donde son almacenados.

Por otra parte, los residuos industriales peligrosos son aquellos que se originan durante el proceso industrial, es el ejemplo de residuos explosivos, oxidantes, inflamables o corrosivos entre otros.

En la siguiente tabla se muestra la gran cantidad de residuos generados y gestionados en el proyecto, siempre siguiendo las Autorizaciones Ambientales e identificando cada uno con su código LER correspondiente como recoge la Orden MAM 304/2002.

Tabla 8.2. Residuos peligrosos expresados en toneladas.

Residuo peligroso	Código LER	Año 2017
Absorbentes, material de filtración, trapos de limpieza y ropa protectora contaminada por sustancias peligrosas	150202*	240.39
Aceite usado	130205*	101.8
Aceite usado	130208*	35.34
Aerosoles	160504*	0.432
Aguas con hidrocarburos	130502*	30.693
Aguas con hidrocarburos	130507*	15.48
Ánodos de plomo agotados	110205*	136.185
Arenas de chorreo	120116*	10.62
Baterías y acumuladores	160601*	5.8
Ceras y grasas	120112*	5.522
Disolventes	140603*	3.413
Envases que contienen restos de sustancias peligrosas o están contaminados por ellas	150110*	72.036
Escombros contaminados	170106*	27.9
Residuos de procesos de la hidrometalurgia del cobre que contienen sustancias peligrosas	110205*	87.565
Residuos eléctricos y electrónicos	160213*	2.68
Restos de pintura	080111*	0.442
Soluciones ácidas	060106*	33.481
Soluciones de cianuros	060311*	0.294
Tierras y piedras que contienen sustancias peligrosas	170503*	67.862
Tubos fluorescentes	200121*	0.16
Filtros de aceite	160107*	7.579
Residuos biosanitarios	180103*	0.014

EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL CONSUMO ENERGÉTICO DEL PROYECTO MINERO COBRE LAS CRUCES Y ANÁLISIS DEL IMPACTO CAUSADO POR EL COVID-19

Los residuos municipales no peligrosos son aquellos cuya gestión no compete a las administraciones locales ya que no presentan riesgos, ni para la seguridad y la salud de las personas, ni para la del medio ambiente.

Los residuos no peligrosos que se generan en Cobre Las Cruces, adjuntando su código LER y la cantidad anual son los siguientes:

Tabla 8.3. Residuos no municipales no peligrosos expresados en toneladas.

Residuo no peligroso	Código LER	Año 2017
Envases y residuos de envases	150102	31.022
Escombros	170904	687.68
Madera	200138	55.57
Papel/cartón	200101	25.32
Restos metálicos	200140	263.512
RSU	200301	202.061
Tóner de impresión	080318	0.158
Neumáticos fuera de uso	160103	12.54
Cables	170411	10.802
Pilas	160604	0.101
Plásticos industriales	200139	2.34
Restos de poda	200201	1.52

Se comunica trimestralmente a la Consejería de Medio Ambiente la cantidad de residuos generados en el proyecto en el Plan de Vigilancia Ambiental y anualmente en la Declaración Anual de Productor de Residuos Peligrosos y de Residuos no Peligrosos. También se lleva a cabo la declaración de las Emisiones y Transferencias de Contaminantes (E-PRTR).

8.3.3.Emisiones sonoras

En cuanto a las emisiones sonoras generadas, hay que tener en cuenta que en este tipo de proyectos la maquinaria y los equipos empleados para realizar las actividades correspondientes generan bastante ruido. Para disminuir o eliminar el ruido producido se llevan a cabo medidas como la adquisición de equipos de baja emisión sonora, aislamiento acústico, un adecuado mantenimiento de la maquinaria y la construcción de barreras que controlen las emisiones sonoras.

En cuanto a la actividad en la corta minera, debemos destacar el ruido causado por actividades como las voladuras o los movimientos de tierra, aunque su impacto sobre la población más cercana es pequeño ya que esta se encuentra a más de 5 km.

Estas emisiones sonoras son vigiladas según se establece en el Plan de Vigilancia Medioambiental, la Declaración de Impacto Ambiental y la Autorización Ambiental Integrada, sin olvidar las legislaciones estatales y autonómica que se encuentren en vigor.

Las voladuras, anteriormente mencionadas, son un proceso fundamental en la minería a cielo abierto. Consiste en explosiones controladas de materiales depositados en barrenos o perforaciones. El control periódico de estas es fundamental para verificar que las vibraciones no han afectado a otras partes de la mina.

8.3.4. Huella de carbono

La Huella de Carbono mide los gases de efecto invernadero generados por efecto, directo o indirecto, de las actividades realizadas por la organización. Así, es un punto de referencia para el inicio de actuaciones de reducción de consumo de energía y para el manejo de recursos y materiales más saludables para el medioambiente.

Los Gases de Efecto Invernadero, destacando el dióxido de carbono (CO_2), el metano (CH_4) y el óxido nitroso (N_2O), son aquellos presentes en la atmósfera que tienen la propiedad de absorber las radiaciones infrarrojas emitidas por la superficie terrestre o que provienen de la radiación solar.

Para hallar la Huella de Carbono de Cobre Las Cruces, lo primero será clasificar a la organización y a sus fuentes emisoras en Alcance 1 y 2. Las emisiones de Alcance 1, son las que resultan de las actividades controladas directamente por una organización, es el caso del desplazamiento de vehículos o el consumo de combustibles fósiles, refrigeración y climatización. Las de Alcance 2, son aquellas que pertenecen a la generación de energía eléctrica y calorífica consumida, es decir, el consumo eléctrico.

Los datos de la tabla que se muestra a continuación han sido hallados mediante un estudio en el que se han tenido en cuenta las diferentes fuentes de emisión del proceso productivo, así como la evolución, en cuanto al dióxido de carbono, que han tenido los equipos y dichas actividades.

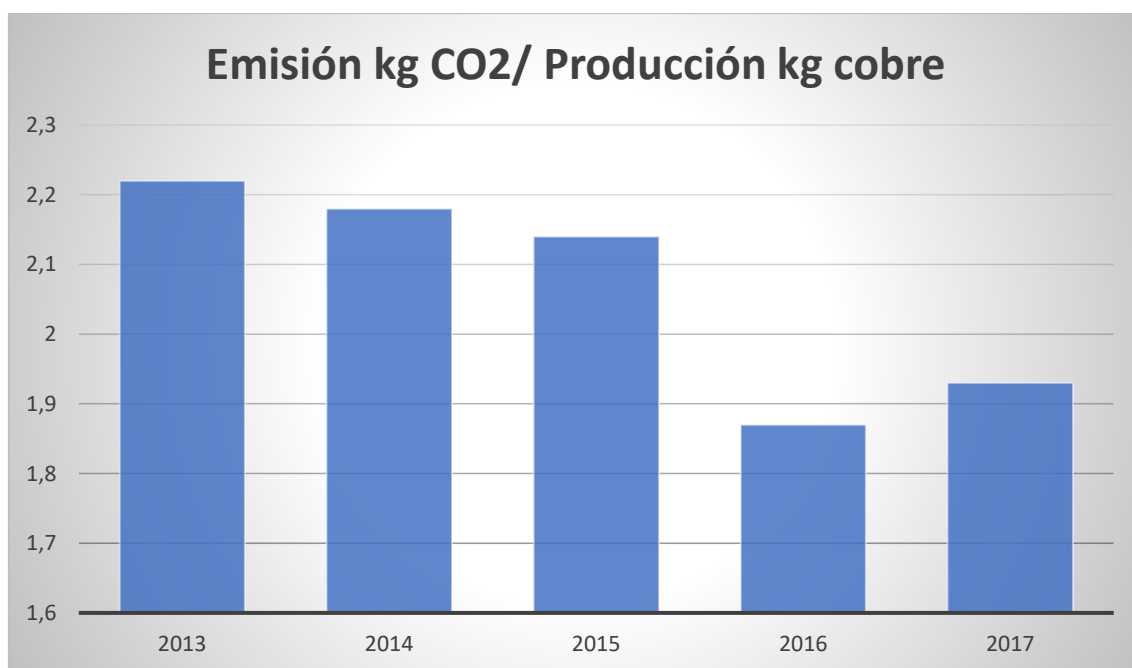


Figura 8.3. Emisión de dióxido de carbono en relación con la producción de cobre. Fuente: Elaboración propia.

EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL CONSUMO ENERGÉTICO DEL PROYECTO MINERO COBRE LAS CRUCES Y ANÁLISIS DEL IMPACTO CAUSADO POR EL COVID-19

Como se observa en la figura, en ninguno de los años que han sido fruto de estudio se han superado los 2,2 kg CO₂/kg Cu, esto indica que se está yendo en la buena dirección en este aspecto pues el intervalo medio de las explotaciones de cobre está comprendido entre 1,5 y 2,8 kg CO₂/kg Cu.

El objetivo es mantener o incluso mejorar estos datos manteniendo el nivel de producción y los costes dentro de los niveles deseados.

Por último, resaltar que al llevarse a cabo la revegetación y la restauración de los ecosistemas alterados por el proyecto se generan sumideros naturales de CO₂.

Las actividades desarrolladas en las distintas etapas del proceso hidrometalúrgico y en la Planta de Tratamiento de Aguas conllevan la emisión de partículas, de gases de combustión y de otros componentes minoritarios.

Estos son emitidos a través de focos canalizados que cuentan con sistemas de tratamiento como lavadores de gases o filtros de mangas antes de que se produzca su emisión a la atmósfera. Las calderas que se incluyen en los procesos emplean gas natural como combustible.

CODIFICACIÓN DEL FOCO	DESCRIPCIÓN	PARÁMETROS LIMITADOS	INSTALACIONES DE DEPURACIÓN
P1G1	Silo de Mineral	Partículas totales (PST), PM10, Cobre, Plomo, Cadmio, Cinc, Arsénico, Mercurio	Filtro de mangas
P1G2	Silo de almacenamiento de cal	Partículas totales (PST), PM10	Filtro de mangas
P1G3	Caldera principal (gas natural)	NO _x , SO ₂ , CO	*
P1G4	Caldera de agua caliente	NO _x , SO ₂ , CO	*
P1G5	Eliminación vahos de electrodeposición	SO ₂ , H ₂ SO ₄ ??	Lavador de gases
P1G6	Caldera PPTA	NO _x , CO, SO ₂	*

Figura 8.4. Focos canalizados. Fuente: <https://www.cobrelascruces.com/>

El proyecto cuenta con seis focos canalizados en su autorización ambiental para así garantizar un estricto cumplimiento de la legislación aplicable y la minimización del impacto. Asimismo, se realizan los controles reglamentarios de forma anual cumpliendo con el objetivo de conocer que no exista afección alguna, comprobando el correcto funcionamiento de los distintos focos y de la eficiencia de los sistemas de depuración.

Tabla 8.4. Emisiones canalizadas anualmente.

Emisiones	Cantidad	Unidades
NO _x	14,46	t/año
CO	1,32	t/año
H ₂ SO	0,04	t/año



Figura 8.5. Ubicación de los puntos de control en la planta hidrometalúrgica. Fuente: <https://www.cobrelascruces.com/>

Durante los procesos de extracción, manipulación, procesamiento y transporte del mineral se lleva a cabo la emisión difusa de partículas debido a la maquinaria empleada. Este hecho tiene una estrecha relación con la meteorología, condiciones como el viento, las precipitaciones y la humedad del ambiente tienen gran influencia.

Así, existen puntos de muestreo para el control de las emisiones no canalizadas, los cuales se encuentran tanto en la zona del proyecto minero como en las inmediaciones del complejo.

EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL CONSUMO ENERGÉTICO DEL PROYECTO MINERO COBRE LAS CRUCES Y ANÁLISIS DEL IMPACTO CAUSADO POR EL COVID-19

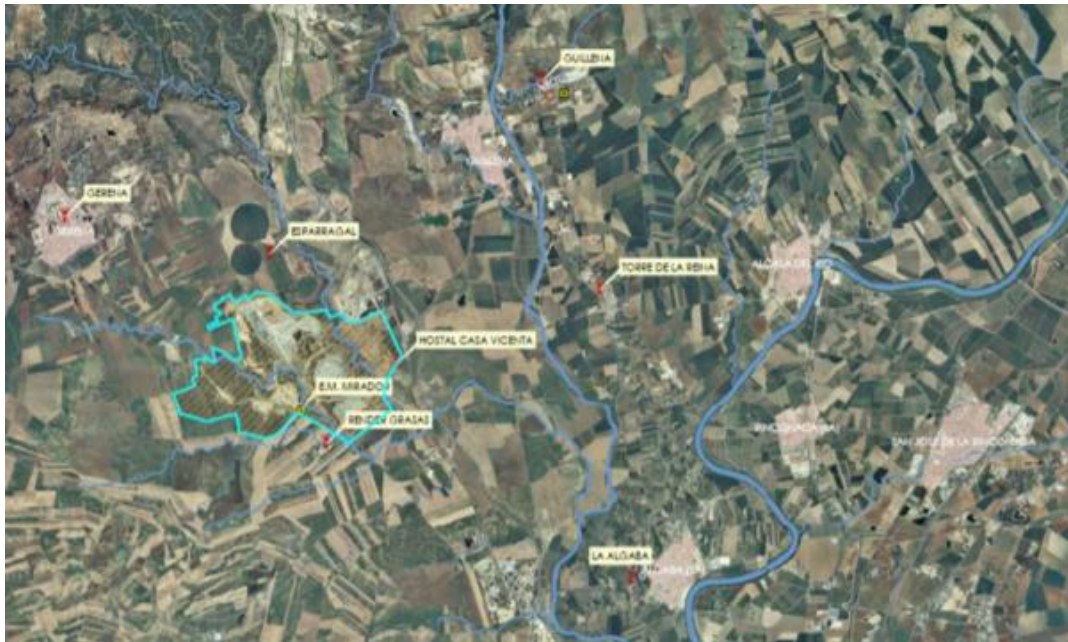


Figura 8.6. Ubicación de los puntos de muestreo para el control de emisiones no canalizadas. Fuente: <https://www.cobrelascruces.com/>

Con el fin de minimizar la emisión de partículas se han adoptado las siguientes medidas:

- Compactación de las pistas de rodadura.
- Riego periódico de pistas y viales.
- Instalación de lavaderos para vehículos a la salida de la zona minera.
- Limitación de la velocidad de circulación.
- Revegetación de suelos desnudos.
- Sistemas supresores de polvo mediante pulverizadores de agua en cintas transportadoras.

Las partículas sedimentales y en suspensión son controladas según el Plan de Vigilancia Ambiental, el cual ajusta sus objetivos sobre la calidad del aire a los que se establece en la legislación vigente.

8.3.5. Biodiversidad

Las siguientes actuaciones son tomadas para proteger la fauna de la zona de la influencia del proyecto:

- Seguimiento de la población de las aves esteparias en la zona de influencia del complejo minero.
- Censo-Estudio de la población en la zona de medidas compensatorias.
- Estudio del impacto de las líneas eléctricas en las aves esteparias.
- Estudio de la población de galápago leproso.
- Seguimiento de la ocupación del primillar en la Finca El chamorro.

Se llevan a cabo una serie de medidas compensatorias que siguen el protocolo de manejo y gestión de los cultivos de acuerdo con las necesidades biológicas y de hábitat de las aves con una ocupación de 360,48 hectáreas para preservar la avifauna.

- Fomento del barbecho blanco.
- Siembra de leguminosas para las aves.
- Creación de linderos permanentes.
- Extensificación y adecuación del cultivo de girasol y trigo a las aves.

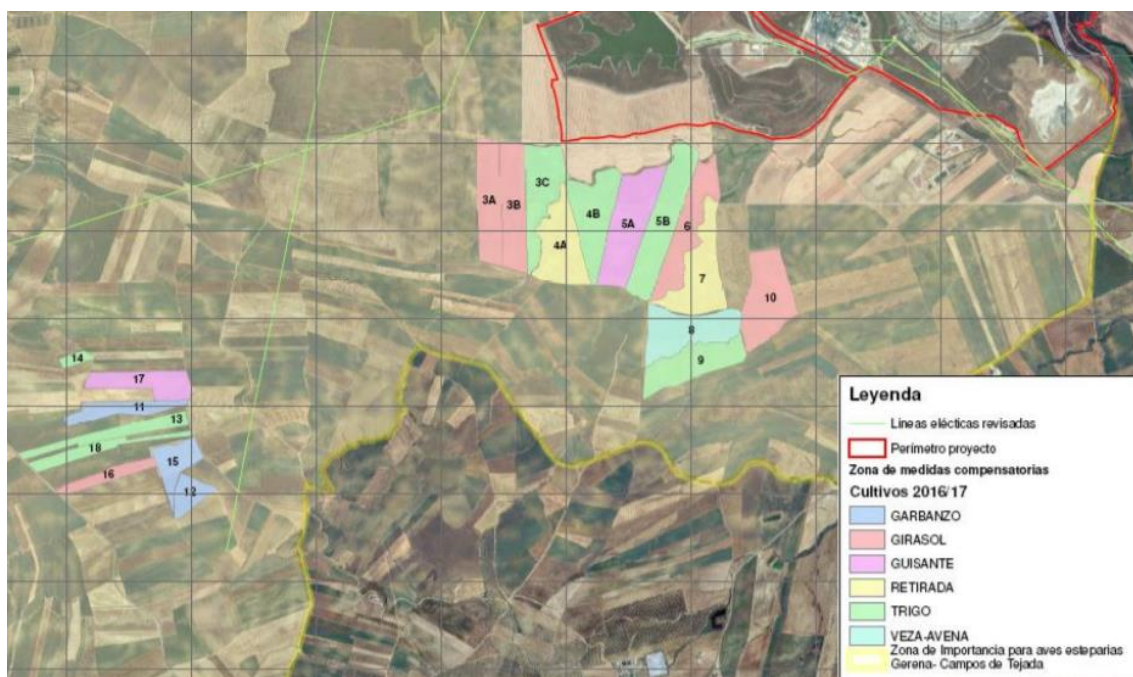


Figura 8.7. Medidas compensatorias del proyecto minero. Fuente: <https://www.cobrelascruces.com/>

Se realizan informes mensuales y trimestrales a cerca del seguimiento de las medidas compensatorias adoptadas para la protección y la mejora del hábitat de las aves esteparias del entorno de Cobre Las Cruces.

8.4. Plan de recuperación y restauración de los terrenos

En el proceso de extracción del mineral, en este caso el cobre, se necesita movilizar una gran cantidad de materiales que no tienen ningún valor comercial por lo que estos son depositados en escombreras alrededor de la corta minera.

Algunos de los trabajos de restauración que se realizan, con el objetivo de que se realice una adecuada integración paisajística, son los siguientes:

- Restauración y forestación de escombreras.
- Mantenimiento de la restauración de los desvíos de los arroyos.
- Control de la gestión de tierra vegetal.

EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL CONSUMO ENERGÉTICO DEL PROYECTO MINERO COBRE LAS CRUCES Y ANÁLISIS DEL IMPACTO CAUSADO POR EL COVID-19

- Siembra de pastizal con herbáceas.
- Mantenimiento de la restauración en los espacios intersticiales.



Figura 8.8. Área restaurada. Fuente: <https://www.cobrelascruces.com/>

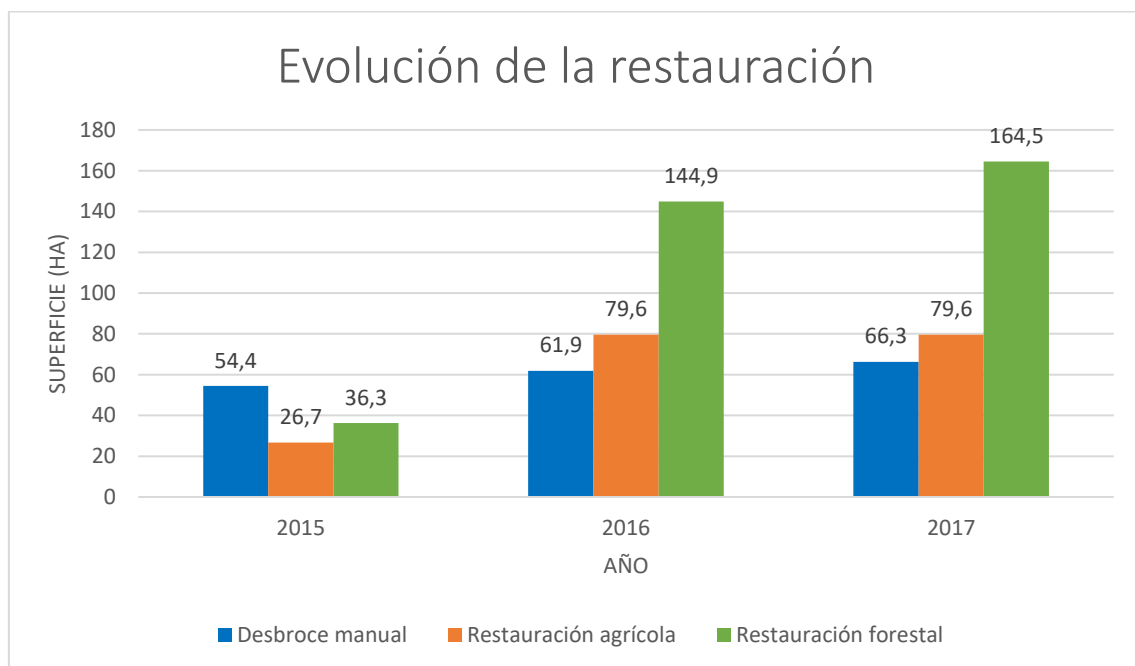


Figura 8.9. Evolución anual de la superficie restaurada. Fuente: Elaboración propia.

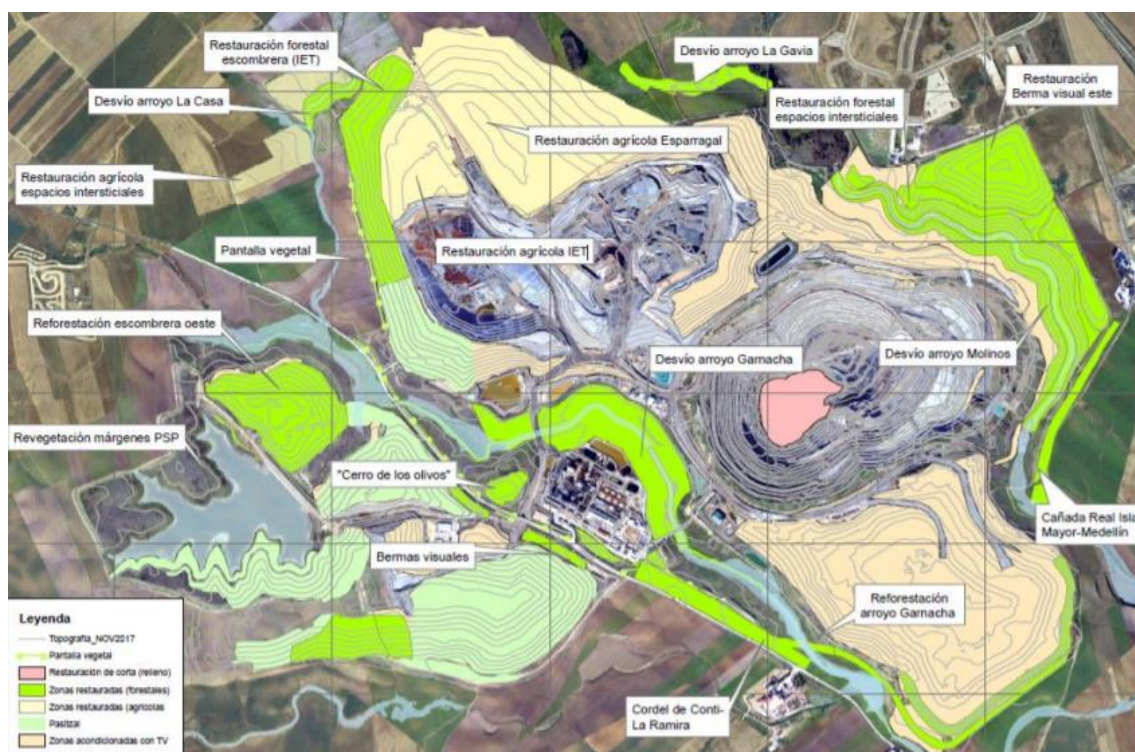


Figura 8.10. Áreas de restauración del proyecto minero. Fuente: <https://www.cobrelascruces.com/>

9. Análisis del impacto del COVID-19.

9.1. Introducción

Según indica la OMS (Organización Mundial de la Salud), los coronavirus son una familia de virus que, en los humanos, son capaces de causar infecciones respiratorias de una gravedad muy variable, yendo desde el resfriado común hasta el síndrome de Oriente Medio (MERS) y el síndrome agudo severo (SRAS) [20].

El coronavirus SARS-CoV-2 es el causante de provocar la enfermedad del COVID-19. Esta enfermedad infecciosa ha sido descubierta recientemente y su origen se encuentra en Wuhan, China. El brote surgió en diciembre de 2019 en esta ciudad y, hoy en día, es una pandemia que afecta a la gran mayoría de países de todo el mundo.

Esta enfermedad tiene entre sus síntomas más comunes la fiebre, la tos seca y el cansancio, aunque los pacientes también pueden verse afectados por otros síntomas como el dolor de cabeza, la congestión nasal o erupciones cutáneas entre otros. Estos síntomas, en la mayoría de los casos suelen ser leves, comenzando de una manera gradual e incluso algunas personas pueden llegar a carecer de ellos, son los llamados asintomáticos [21].

Alrededor del 80% de las personas que sufren esta enfermedad se recuperan sin necesitar tratamiento hospitalario alguno. Por el contrario, aquellos que requieren de ayuda médica son normalmente personas mayores o con alguna afección médica previa, son los denominados grupos de riesgo.

La COVID-19 se propaga a través de las gotículas, de nariz y boca, que son expulsadas por la persona al toser, estornudar o hablar. Estas pueden ser inhaladas por otra persona y así contagiarse, también pueden caer en lugares que podemos tocar con las manos que nos llevamos a la cara, con lo que también nos podemos infectar si nos tocamos la nariz, la boca o los ojos. Es por esto por lo que se han tenido que adoptar algunas medidas como el distanciamiento social, el uso obligatorio de mascarillas y el lavado de manos frecuente, ya sea bien con agua y jabón o con un desinfectante hecho a base de alcohol, para tratar de prevenir la propagación del virus.

Actualmente, tal y como se muestra en la tabla, en todo el mundo hay confirmados más de 24 millones de casos, lo que ha hecho que se superen los 800.000 fallecidos a causa de esta enfermedad [22].

Por su parte, España es el noveno país del mundo con más contagios y el octavo con más muertes. El primer puesto lo tiene Estados Unidos con casi 6 millones de contagios y más de 180.000 fallecidos [23].

Tabla 9.1. Cifras COVID-19 a fecha 29/08/2020

	España	Europa	Mundo
Casos confirmados	439.286	3.819.586	24.021.218
Muertes	29.011	213.578	821.462

9.2. COVID-19 en España

Seguindo los datos aportados por el Ministerio de Sanidad del Gobierno de España, el 31 de diciembre de 2019 la Comisión Municipal de Salud y Sanidad de Wuham (ciudad perteneciente a la provincia china de Hubei) informó de la aparición de 27 casos de neumonía de etiología desconocida, entre ellos siete graves, cuyos síntomas comenzaron el día 8 de este mismo mes [21].

A finales de enero, concretamente el 25, el Ministerio de Sanidad afirma que es posible que haya dos casos de coronavirus en España procedentes de Wuhan.

En febrero se cancela el Mobile World Congress de Barcelona, evento que congrega a miles de personas de todo el mundo, por miedo al riesgo de contagio por coronavirus. Se detecta algún caso de ciudadanos extranjeros hasta que el 26 de febrero, en Sevilla se diagnostica el primer caso de contagio local en España. A partir de este momento comienzan a sucederse más y más casos en todo el país.

El 4 de marzo se conoce la primera víctima mortal registrada, día en el que los casos diagnosticados se aproximan a los 200, comienzan a sonar rumores de distanciamiento. Días más tarde, el fin de semana del 7 y 8 de marzo se celebran actos multitudinarios a pesar del riesgo de contagios, eventos como jornadas de diversos deportes, actos políticos o manifestaciones por el Día de la Mujer.

La OMS decreta la pandemia global causada por el COVID-19 el 11 de marzo habiendo hasta la fecha en España más de 2.000 contagios, 54 fallecidos y 138 pacientes dados de alta.

El 15 de marzo da comienzo el Estado de Alarma, con una duración inicial de 15 días en los que la población queda confinada en sus domicilios y se prohíben ciertas actividades laborales y los desplazamientos no esenciales. Casi 8.000 casos, 517 altas y 292 fallecidos.

Acabando el mes de marzo, se amplía el Estado de Alarma, prohibiendo todas las actividades no esenciales, el cual no terminará hasta el mes de junio y la curva de fallecidos diarios sigue en aumento hasta alcanzar su pico el día 31 con 930 muertes. Cabe destacar que Fernando Simón, director del Centro de Coordinación de Alertas y Emergencias da positivo por coronavirus y se ve obligado a ponerse en confinamiento abandonando así su puesto de forma temporal.

Al entrar en abril y el pico de la curva cuenta con unas 950 muertes, se sigue prorrogando el Estado de Alarma. Durante este mes va disminuyendo el número de fallecidos y a los menores de 14 años se les permite salir a la calle con un adulto. Termina abril con 268 fallecidos el día 30 y el gobierno anuncia que se podrá salir del confinamiento en unas franjas horarias determinadas para hacer ejercicio.

El 1 de mayo se cierra el hospital de campaña de IFEMA de Madrid y se empiezan a ver inicios de lo que será una gran crisis económica que vendrá seguida de sanitaria, pues se espera que el PIB en España caiga alrededor de un 9% debido a la crisis. En la primera semana de este mes se alcanzan los 26.000 fallecidos desde que empezó la crisis con unas 200 víctimas diarias.

EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL CONSUMO ENERGÉTICO DEL PROYECTO MINERO COBRE LAS CRUCES Y ANÁLISIS DEL IMPACTO CAUSADO POR EL COVID-19

A mediados del mes de mayo se lleva a cabo una desescalada gradual por provincias y días después el gobierno da a conocer el uso obligatorio de mascarillas en caso de que no se pueda cumplir el distanciamiento social.

El día 1 de junio el Ministerio de Sanidad afirma que no se produce ningún fallecimiento a causa de la enfermedad en las últimas 24 horas, es el primer día que sucede desde el inicio de la pandemia, avanzamos poco a poco hacia la 'nueva normalidad'.

Las provincias van poco a poco pasando de fase, desde la Fase 0 hasta la Fase 3, siendo Galicia la primera Comunidad Autónoma en alcanzar la nueva normalidad el lunes 15 de junio. A partir de entonces, los demás territorios han alcanzado esta etapa hasta que, el 21 de junio, finaliza el Estado de Alarma [24].

En los próximos meses de verano, en los que se abren las fronteras para permitir la llegada de turismo extranjero que tanta falta hace para evitar el ya de por sí descalabro económico, se esperan rebrotes que esperemos puedan ser controlados. En los últimos días de junio se puede apreciar que no dejan de aparecer estos pequeños rebrotes de los que hablamos, los cuales por el momento están siendo controlados.

Sin embargo, conforme pasan los días, se están conociendo cada vez más casos de rebrotes, lo que llevará a tomar medidas por parte del gobierno muy pronto [25].

9.3. Situación de la empresa y medidas adoptadas

Desde que el 11 de marzo la OMS declarara la situación ocasionada por el COVID-19 como pandemia internacional, se han ido adoptando una serie de medidas para hacer frente a esta situación excepcional.

Ya estando declarado el estado de alarma en todo el territorio nacional, el 29 de marzo de 2020 se publicó el RD-ley 10/2020, en él se endurecían las medidas de confinamiento y en lo relativo a las empresas limitaba las actividades a los sectores calificados como esenciales. Tras la publicación de este Real Decreto Cobre Las Cruces se vio obligada a reorganizar su actividad, suspendiendo la actividad de extracción, pero manteniendo la producción de cátodos de cobre, constituyen una parte indispensable en la fabricación de productos de primera necesidad en sectores como el alimentario, el suministro eléctrico o las comunicaciones entre otros [26].

Debido a estas circunstancias, la empresa se ha visto obligada a realizar una serie de medidas y adoptar unos protocolos que permitan que no se vea interrumpida de manera significativa la producción de los cátodos de cobre [16]. Estas medidas consisten en:

- Protección de toda la plantilla y contratistas. Las actuaciones en la empresa pasan a ser mínimas, acotándolas únicamente a las imprescindibles ya que las actividades que se puedan desarrollar mediante el teletrabajo se llevarán por vía telemática.
- Seguimiento diario de proveedores y contratistas básicos. Esta medida comprueba que la cadena de suministro no se vea afectada y anticipar la repercusión que puede tener en los bienes y servicios facilitados.
- Contacto continuo con los clientes. Comprobación por ambas partes para el correcto cumplimiento de las entregas y pagos acordados.

- Seguimiento del precio del cobre en el London Metal Exchange (LME). Al ser el precio de referencia en la venta del producto una bajada importante del precio del cobre puede suponer que la empresa se vea obligada a deteriorar el valor de la producción.

9.4. Previsión en el mercado del cobre

El precio del cobre se visualiza según la cotización de este en la Bolsa de Londres. En este apartado se introduce este mercado en el que cotiza y las consecuencias que ha tenido y está teniendo el impacto de la pandemia en la evolución de la cotización de este metal.

London Metal Exchange (LME) o Bolsa de Metales de Londres es el mercado que proporciona instalaciones, estructuras administrativa y reguladora para la negociación de contratos LME, entre los que se incluyen futuros y opciones de los 14 metales presentes [27].

Los contratos se negocian por lotes de entre 1 y 65 toneladas métricas, dependiendo del contrato y del metal, valorados en un precio en dólares estadounidenses.

La LME es una bolsa regulada por la Autoridad de Conducta Financiera (FCA, Financial Conduct Authority) [28], que es el equivalente en Reino Unido a la Comisión Nacional de Mercados y Valores (CNMC) en España [29]. El cometido de este organismo es la regulación de la conducta tanto de las personas, como de todas las empresas, permitiendo así el correcto y justo funcionamiento de los mercados y de la economía en su conjunto.



Figura 9.1. Evolución de la cotización del cobre septiembre 2019 - agosto 2020. Fuente: <https://www.investing.com/>

En el apartado 6.1.3 se explica la evolución de los precios del cobre desde el año 2009. Aquí, lo que se explica es la variación del mercado conforme avanza este año (septiembre 2019 – agosto 2020) y el impacto que tiene el Covid-19 en esta cotización.

A fecha 28 de agosto de 2020 la cotización es de 6675,50 puntos, lo que hace que la tonelada de cobre tenga un valor de 5.609,66€. Para este cálculo se ha tenido en cuenta que el tamaño de contrato es de 25 toneladas, que el valor de cada punto es de 25\$ y que el cambio de divisa de dólares estadounidenses a euros se sitúa en los 1,19.

Se aprecia que hasta enero de 2020 el precio del cobre subía poco a poco hasta alcanzar los 6.200 puntos. A partir de ahí el precio empieza a bajar hasta que, en marzo, que es

EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL CONSUMO ENERGÉTICO DEL PROYECTO MINERO COBRE LAS CRUCES Y ANÁLISIS DEL IMPACTO CAUSADO POR EL COVID-19

cuando comienza a golpear fuerte la pandemia, se cotiza a 5.700 y desde ahí se produce una caída muy brusca que termina en dejando la cotización en los 4.400 puntos en menos de un mes.

Es desde mediados de marzo cuando la cotización toca fondo y comienza una notable remontada hasta el día de hoy, suponiendo una revalorización de más del 30%. La variación del precio del cobre en el último año según los datos aportados supera el 15%.

Con todos estos datos sobre el precio del cobre se puede apreciar que este ha superado, al menos por el momento, la crisis y la tendencia bajista de los mercados, alcanzando precios superiores a los de principio de año y finales de 2019.

9.5. Mercado de la energía

La pandemia del Covid-19 no solo ha creado una crisis sanitaria, sino también económica. El parón que ha sufrido y sigue sufriendo la economía ha afectado de lleno al sector energético, calificado como sector esencial.

Ante esta severa crisis todos los mercados se han visto envueltos en una gran recesión económica, de la que no se salva el sector energético. Esto se debe a que, al paralizar la industria, el consumo energético se ve afectado de manera significativa mientras que el ritmo de su producción permanece constante.

Esta mezcla de factores produce un cóctel perfecto para que en el mercado haya una brusca caída de los precios.

En el mercado energético existen contratos de gas entre productores y comercializadoras en los que su precio se establece en función de la cotización del petróleo, en este caso el precio de referencia es el Brent [30].

El precio del contrato varía en función del petróleo ya que el gas hace de sustituto de este. Si este aumenta, los precios de las ofertas de generación de ciclos combinados se ven incrementados puesto que se toma como referencia el precio de estos mercados para así conocer el coste del gas que es quemado para producir electricidad.

La mayor parte de las veces estos ciclos combinados son los que establecen el precio del pool eléctrico, porque en función de este la factura de la luz se verá afectada.

Antes de seguir cabe destacar una pequeña descripción de los ciclos combinados y del pool eléctrico para saber en qué consisten.

Las centrales térmicas de ciclos combinados obtienen electricidad mediante la transformación de la energía térmica del gas natural, para este proceso son necesarias dos turbinas, una de gas y otra de vapor. Este proceso se lleva a cabo mediante el ciclo de Brayton y el ciclo de Rankine, que necesitan la turbina de gas y la de vapor respectivamente [31].

Los ciclos combinados siguen estos pasos para obtener electricidad:

1. El gas combustible se mezcla con aire a presión produciendo la combustión, esta hace girar la turbina.
2. El calor de la combustión hace que el agua se convierta en vapor.
3. El vapor a presión hace girar las palas de la turbina de vapor.

4. La energía mecánica que producen las turbinas se convierte en energía eléctrica en el generador.
5. El vapor se enfría y se convierte en agua para comenzar con un nuevo proceso de producción de vapor.

El precio de la energía eléctrica depende del llamado “Pool eléctrico”, que es el mercado mayorista de la Península Ibérica en el que productores y comercializadores negocian la compra y venta de electricidad [32].

Este mercado al por mayor (spot) está gestionado por el OMIE, que es el encargado de facilitar a los agentes del mercado las transacciones que desean realizar y hace que estas se realicen de una forma transparente y a un precio conocido.

Los precios para cada hora del día se fijan en función de la oferta y la demanda impuesta por los participantes.

No todas las energías tienen una producción constante como es el caso de la nuclear. Las energías renovables, como eólica o fotovoltaica, varían su producción en función de las condiciones meteorológicas, lo que hace que generen el máximo de electricidad posible y se vean obligadas a aceptar un precio de venta determinado para el conjunto del sistema. Al no regular la cantidad de energía producida estas energías tienen prioridad en el pool eléctrico.

Cuando OMIE ha recibido las ofertas de producción entre 0,00 y 180,30 €/MWh, mínimo y máximo, y de demanda, se ajustan las curvas de oferta y demanda para dar el precio de casación. El precio lo determinan las tecnologías térmicas siendo el ciclo combinado la más importante.

Se ha analizado la electricidad desde el punto económico, pero hay que indicar que en el plano físico el Operador del Sistema Eléctrico es Red Eléctrica Española, REE. Esta realiza la gestión de las restricciones técnica del sistema y asegura que los datos obtenidos del mercado sean viables para la red de transporte desde un punto de vista técnico.

El Brent es el petróleo (crudo) que se toma como referencia en el mercado europeo. Existen muchas otras referencias de crudos, la más importante, que se toma en Estados Unidos, es la del WTI (West Texas Intermediate).

EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL CONSUMO ENERGÉTICO DEL PROYECTO MINERO COBRE LAS CRUCES Y ANÁLISIS DEL IMPACTO CAUSADO POR EL COVID-19

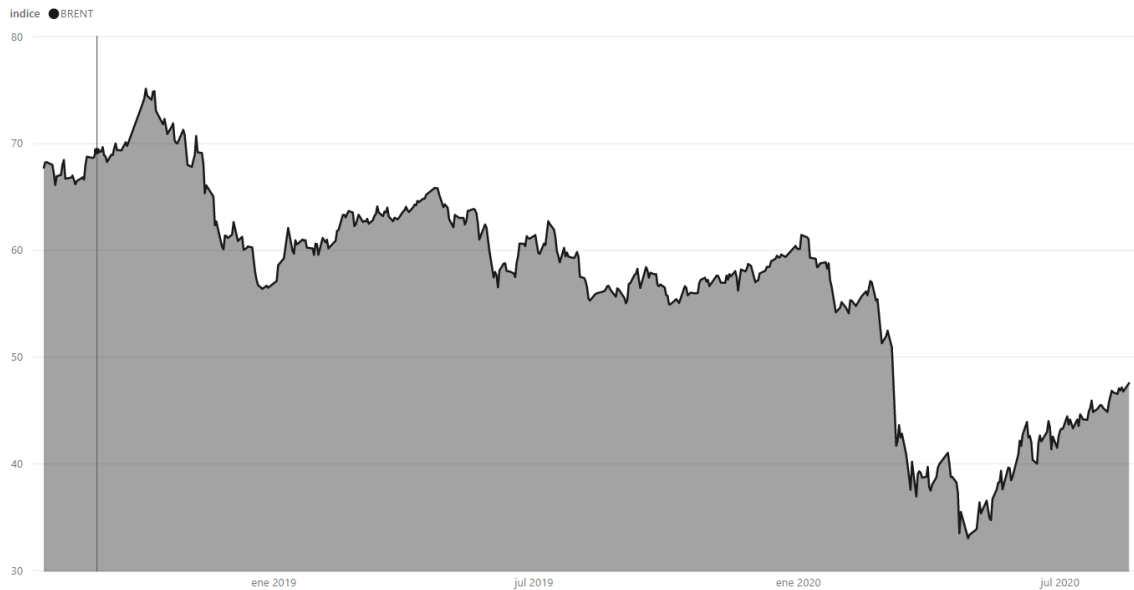


Figura 9.2. Evolución de la cotización del Brent. Fuente: Elaboración propia.

En el Brent el tamaño de contrato es de 1.000 barriles, teniendo en cuenta que el valor del punto está a 1.000\$, cada barril de crudo cuesta unos 47\$ actualmente. Para pasarlo a euros hay que tener en cuenta la cotización del dólar estadounidense con respecto al euro (esta se detallará más adelante), ronda los 1,19.

Antes, en el apartado de los costes de la energía, se ha explicado que los precios de referencia del gas vienen dados por los índices AOC (Almacenamiento Operativo Comercial) y TTF (precio del gas en el mercado de Holanda).

En la siguiente tabla se muestra la evolución de la cotización de estos índices y la fuerte relación que tienen entre sí.



Figura 9.3. Evolución de las cotizaciones de los precios AOC y TTF. Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar, el mercado del gas antes de la aparición de la pandemia ya presentaba una tendencia bajista y esta, sumado a la crisis derivada del Covid, han hecho que los precios caigan a la mitad de la cotización vigente en 2018.



Figura 9.4. Evolución de la cotización del dólar estadounidense. Fuente: Elaboración propia.

Es de especial importancia el valor de las cotizaciones del dólar estadounidense frente al euro puesto que todas las cotizaciones son acaparadas por esta divisa.

En la figura se refleja como la tendencia del mercado era claramente bajista desde 2018, alcanzando valores del entorno de los 1,26 y llegando en plena pandemia (meses de marzo, abril y mayo) a estar por debajo del 1,10.

EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL CONSUMO ENERGÉTICO DEL PROYECTO MINERO
COBRE LAS CRUCES Y ANÁLISIS DEL IMPACTO CAUSADO POR EL COVID-19

A partir de junio la cotización del dólar ha comenzado a subir de nuevo, habiendo sido frenado por la resistencia situada en 1,14 pero que, a día de hoy, ha superado con creces, llegando a rozar el 1,20.

10. Conclusiones

En un proyecto de tales dimensiones como el de Cobre Las Cruces, la necesidad de estimar los costes que se puedan llegar a generar por el consumo energético es muy grande. Ante tal aspecto se ha procedido, según los datos a los que se ha tenido acceso, a realizar los cálculos más precisos posibles para hallar el importe total generado en cada año.

Quedando explicado todo el proceso y el y los motivos por los que se han elegido las respectivas tarifas y precios el importe total energético cada año asciende a 30.777.630,56€.

Este valor se obtiene de calcular el importe de la electricidad, del gas natural y del combustible.

Para el consumo eléctrico, 226.911.119 kWh, sabemos que hay cuatro puntos de suministro, uno de la planta hidrometalúrgica (peaje 6.4) y los otros tres de oficinas (tarifas de acceso 2.0A). Sabiendo los precios de cada concepto y sus valores (potencia contratada y energía consumida en sus respectivos periodos) se calcula que el importe de la electricidad es de 17.471.960,54€.

Este dato supone que más del 50% del coste energético anual es por el consumo eléctrico, más concretamente el 56,77%, que se debe en gran medida al proceso de electrodeposición.

De gas natural se consumen 80.771.467,03 kWh cada año, lo que supone que el punto de suministro de ubique en el peaje 2.4, que comprende consumos que van desde los 30 hasta las 100 GWh anuales. Con los datos a los que equivale esta tarifa de acceso se obtiene que el importe anual de 1.570.503,23€, que supone el 5,1% del coste energético.

En cuanto al combustible consumido, 10.730.766,67 litros al año, teniendo en cuenta el precio al que se vende en las principales marcas se ha hecho una media que da como resultado el coste por cada litro, 1,0936€. Con el producto de estos datos resulta que el coste anual de combustible es de 11.735.166,79€, el 38,13% del coste energético.

Repasando estos datos se puede apreciar que el consumo eléctrico es el que más gastos genera con casi un 57%, siendo su mayor consumo el del proceso de electrodeposición. En segundo lugar, el combustible empleado en la maquinaria para llevar a cabo el proceso de extracción del mineral en la corta minera supone algo más de un 38%. El último lugar lo ocupa el gas natural con el 5,1%, este es empleado tanto en las calderas de la planta hidrometalúrgica como en la caldera de tratamiento de aguas para producir vapor de agua y agua caliente.

Por otro lado, está el cómo ha afectado la pandemia del Covid-19 a Cobre Las Cruces, el otro objetivo que se plantea en este trabajo, además del análisis energético del proyecto ya explicado.

El Covid-19 ha hecho que la economía se ralentice ante la crisis sanitaria y económica que ha generado. Es por esto que los mercados han sufrido severas caídas, en este caso el cobre, el Brent, los precios de referencia del gas y el precio del dólar estadounidense son las cotizaciones relevantes y que se han entrado a analizar.

EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL CONSUMO ENERGÉTICO DEL PROYECTO MINERO COBRE LAS CRUCES Y ANÁLISIS DEL IMPACTO CAUSADO POR EL COVID-19

En el caso del cobre, los metales suelen ser considerados como activo refugio ante las etapas de recesión que sufren los mercados, pero eso no ha evitado que este haya sufrido una gran caída en el mes de marzo, cuando la OMS decretó la pandemia mundial a causa del coronavirus. Es cierto que al bajar desde los 6.200 puntos hasta los 4.400 se devalúa de una forma muy brusca en menos de un mes, pero a partir de ese momento se revaloriza hasta superar actualmente los 6.600 puntos, que supone que la tonelada de cobre tenga un precio de unos 5.600 euros. A finales de agosto este metal se está cotizando a un mayor precio que al inicio de 2020, lo que para Cobre Las Cruces supone que se pueda vender su producto a un mayor precio tras haber esquivado ese bache de principios de año.

Por otro lado, el Brent, precio de referencia de la energía en Europa, llegaba al inicio de la pandemia con una tendencia bajista y esto, sumado a la severa caída del mes de marzo, ha dado como resultado que baje de los 60 euros por cada barril en enero a los 35 a los ni siquiera llegaba a cotizarse en los meses de abril y mayo. Estos precios hacen que los costes de la energía sean más baratos por lo que beneficia en gran medida a Cobre Las Cruces, que al ser declarada una empresa comprendida en un sector esencial que no ha visto modificada su producción, acabará teniendo unos consumos parecidos a los estimados pero unos menores costes debido a estas bajadas de los precios que se han indicado.

Los precios AOC y TTF, que sirven como referencia para el gas natural, siguen una tendencia similar a la del Brent. Como ya se ha mencionado, el Brent sirve como referencia del sector energético en Europa por lo que estos precios TTF y AOC también se ven afectados por las variaciones que sufre su cotización. Al igual que con el Brent, la bajada del precio del gas natural favorece que se produzca el mismo consumo ya que los costes serían menores.

Por último, la cotización del dólar estadounidense es esencial analizarla para saber, al hacer el cambio de divisa el valor en euros del producto. Se aprecia la clara directriz bajista que viene dada desde mediados de 2018 cuando se cotizaba a 1,25 hasta que en estos meses de pandemia ha llegado a rozar valores en torno al 1,08. Actualmente ha rebotado hasta alcanzar casi el valor de 1,20. Esta cotización supone que, cuanto más descienda, menor será el valor del cobre a la hora de exportarlo, por lo que a una mayor cotización mayor será el beneficio de la empresa.

Para concluir, se ha tenido en cuenta que los gastos que generan el consumo de las diferentes energías en el proyecto Cobre Las Cruces es de 30.777.630,56€ anualmente. La bajada de los mercados por el coronavirus beneficia a la empresa que pagará un menor precio en el combustible.

En la electricidad y en el gas natural es muy importante destacar que solo influiría el descenso del mercado en el caso de que se hubiera seleccionado la opción del Precio Indexado y no del Precio Fijo como se ha hecho.

En cuanto al precio del cobre, Cobre Las Cruces se ha visto claramente beneficiado ya que actualmente este cotiza a un mayor precio que antes de la pandemia. Habiendo salvado ese bache de principios de año y exceptuándolo la empresa en el precio de sus ventas no se ha visto afectada negativamente.

11. Bibliografía

- [1] Cobre Las Cruces. <http://www.cobrelascruces.com/index.php/mina/>.
- [2] First Quantum Minerals. <https://www.first-quantum.com/Spanish/inicio/default.aspx>.
- [3] **Abascal Diego, Yolanda. 2012.** *Optimización del ciclo extractivo mediante la adecuación de los periodos de la retirada de estéril. Mina Cobre Las Cruces (Gerena, Sevilla).* 2012.
- [4] **Hunt Ortiz, Mark A., y otros. 2011.** *Intervenciones arqueológicas en el área del proyecto minero Cobre Las Cruces (1996-2011).* Gerena, Sevilla : s.n., 2011.
- [5] Weather Atlas. <https://www.weather-es.com/es/espana/sevilla-clima>.
- [6] Weather Spark. <https://es.weatherspark.com/y/34152/Clima-promedio-en-Sevilla-Espa%C3%B1a-durante-todo-el-a%C3%B1o>.
- [7] **Fernando Tornos, Monike Oggerin, César Menor-Salván, Francisco Velasco, Juan Manuel Escobar e Iván Carrasco. 2018.** Tiera y Tecnología (ICOG). [En línea] 25 de abril de 2018. <https://www.icog.es/TyT/index.php/2018/04/la-mina-de-las-cruces-una-ventana-a-la-biosfera-profunda/>.
- [8] OMIE. <https://www.omie.es/>.
- [9] Red Eléctrica Española. <https://www.ree.es/es/datos/mercados>.
- [10] **Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia. 2020.** *Boletín Oficial del Estado Número 21.* 2020. <https://www.boe.es/boe/dias/2020/01/24/pdfs/BOE-A-2020-1066.pdf>
- [11] Endesa. <https://www.endesa.com/es/conoce-la-energia/energia-y-mas/tarifas-acceso-electricidad>.
- [12] Enagás. [https://www.enagas.es/enagas/es/Comunicacion/Glosario/Almacenamiento_Operativo_Comercial_\(AOC\),es](https://www.enagas.es/enagas/es/Comunicacion/Glosario/Almacenamiento_Operativo_Comercial_(AOC),es).
- [13] **2020.** Total. 07 de julio de 2020. <https://www.gasyelectricidad.total.es/mercados-de-gas-ttf-o-mibgas>.
- [14] **2019.** AOP. Julio de 2019. <https://www.aop.es/sector/precio-de-los-combustibles/>.
- [15] Diésel o gasolina. <https://www.dieselogasolina.com/>.
- [16] **PricewaterhouseCoopers Auditores, S.L. 2019.** *Cuentas Anuales Cobre Las Cruces 2019.* 2019.
- [17] Asturnatura. <https://www.asturnatura.com/mineral/calcosina/164.html>.

EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL CONSUMO ENERGÉTICO DEL PROYECTO MINERO
COBRE LAS CRUCES Y ANÁLISIS DEL IMPACTO CAUSADO POR EL COVID-19

- [18] Geoaprendo. <https://www.geoaprendo.com/2014/09/calcosina-chalcocite-mineral.html>.
- [19] Metal Corp Group. <https://www.metalcorpgroup.com/about-us/>.
- [20] Organización Mundial de la Salud. <https://www.who.int/es>.
- [21] Ministerio de Sanidad. <https://www.mscbs.gob.es/>.
- [22] **R.C. 2020.** Hoy. 29 de junio de 2020. <https://www.hoy.es/sociedad/salud/coronavirus-wuhan-amenaza-20200129164607-ntrc.html?ref=https:%2F%2Fwww.hoy.es%2Fsociedad%2Fsalud%2Fcoronavirus-wuhan-amenaza-20200129164607-ntrc.html>.
- [23] **2020.** RTVE. 28 de agosto de 2020. <https://www.rtve.es/noticias/20200828/mapa-mundial-del-coronavirus/1998143.shtml>.
- [24] **Tiramillas, Redacción. 2020.** Marca. 10 de junio de 2020. <https://www.marca.com/tiramillas/2020/04/08/5e8dcfa3e2704e9b948b458b.html>.
- [25] **Confidencial, El. 2020.** El Confidencial. 19 de junio de 2020. https://www.elconfidencial.com/espana/coronavirus/2020-06-19/estado-alarma-cuando-acaba-espana-coronavirus_2534664/.
- [26] **2020.** Cobre Las Cruces. 20 de abril de 2020. <http://www.cobrelascruces.com/index.php/respuesta-frente-al-covid-19-en-cobre-las-cruces/>.
- [27] London Metal Exchange. <https://www.lme.com/en-GB/About/Corporate-information/London-Metal-Exchange>.
- [28] **2016.** The Financial Conduct Authority. 21 de abril de 2016. <https://www.fca.org.uk/about/the-fca>.
- [29] Comisión Nacional del Mercado de Valores. <https://www.cnmv.es/portal/Utilidades/Enlaces3.aspx>.
- [30] Porquesubelaluz. <https://porquesubelaluz.es/2019/10/04/como-repercute-la-subida-del-petroleo-en-el-precio-de-la-luz/>.
- [31] Endesa. <https://www.fundacionendesa.org/es/centrales-electricas-convencionales/a201908-central-termica-convencional-ciclo-combinado>.
- [32] **2019.** Unión Fenosa Gas. Julio de 2019. <https://www.unionfenosagas.com/es/Newsletter/NoticiaNewsletter/pool-electrico-que-es-nl-julio-2019?p=JULIO2019>.